



日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年 5月19日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-147439

出 願 人  
Applicant(s):

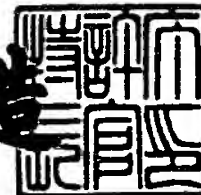
アルプス電気株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2000年 7月21日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3057801

【書類名】 特許願

【整理番号】 00A017AL

【提出日】 平成12年 5月19日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/127

【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

【請求項の数】 41

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚1番7号 アルプス電気株式会社  
社内

    【氏名】 矢澤 久幸

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚1番7号 アルプス電気株式会社  
社内

    【氏名】 沖 徳昭

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚1番7号 アルプス電気株式会社  
社内

    【氏名】 小林 潔

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚1番7号 アルプス電気株式会社  
社内

    【氏名】 児山 輝

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚1番7号 アルプス電気株式会社  
社内

    【氏名】 池上 正克

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚1番7号 アルプス電気株式会社

社内

【氏名】 金田 吉弘

【特許出願人】

【識別番号】 000010098

【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社

【代表者】 片岡 政隆

【代理人】

【識別番号】 100085453

【弁理士】

【氏名又は名称】 野▲崎▼ 照夫

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成11年特許願第223831号

【出願日】 平成11年 8月 6日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 041070

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9708166

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 下部コア層と、前記下部コア層上に直接にまたは下部磁極層を介して形成されたギャップ層と、前記ギャップ層上で幅寸法が前記下部コア層よりも短く形成されてトラック幅を決める上部磁極層と、前記上部磁極層の上に形成された上部コア層とを有し、

記録媒体との対向面よりもハイト方向の奥側に、ギャップ層と上部磁極層との接合面の前記ハイト方向の深さ（ギャップデプス）を決める G d 決め絶縁層が設けられ、前記上部磁極層と G d 決め絶縁層との接触面は、前記ギャップデプスよりもハイト方向へ深く形成されていることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2】 前記上部磁極層と G d 決め絶縁層との接触面は、前記上部コア層に向うにしたがって前記ギャップデプスよりもハイト方向へ徐々に深くなるように形成されている請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3】 前記 G d 決め絶縁層には、前記上部コア層に向うにしたがって前記ギャップデプスよりもハイト方向へ徐々に深くなる曲面または傾斜面が形成され、前記上部磁極層は、前記ギャップ層の上から前記曲面または傾斜面にかけて形成されている請求項 2 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4】 前記ギャップ層の前記 G d 決め絶縁層との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、前記下部コア層上面とのなす角が  $45^{\circ}$  以上  $90^{\circ}$  以下である請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 5】 前記ギャップ層の前記 G d 決め絶縁層との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、前記下部コア層上面とのなす角が  $80^{\circ}$  以下である請求項 4 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 6】 前記下部磁極層の前記 G d 決め絶縁層との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、前記下部コア層上面とのなす角が  $45^{\circ}$  以上  $90^{\circ}$  以下である請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 7】 前記下部磁極層の前記 G d 決め絶縁層との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、前記下部コア層上面とのなす角が  $80^{\circ}$  以下であ

る請求項 6 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 8】 前記 G d 決め絶縁層の前記対向面側には、下部コア層に対してほぼ垂直に立ち上がる垂直面が形成されており、前記ギャップ層および前記ギャップ層と上部磁極層との接合面のハイト方向後端が、前記垂直面まで形成されている請求項 2 または 3 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 9】 前記 G d 決め絶縁層は有機材料で形成されている請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 10】 前記 G d 決め絶縁層は紫外線硬化性樹脂材料で形成されている請求項 9 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 11】 前記 G d 決め絶縁層は無機材料で形成されている請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 12】 前記 G d 決め絶縁層は  $\text{SiO}_2$  または  $\text{Al}_2\text{O}_3$  によって形成されている請求項 11 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 13】 前記ギャップ層は、メッキ形成可能な非磁性金属材料で形成されている請求項 1 ないし 12 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 14】 前記非磁性金属材料は、NiP、NiPd、NiW、NiMo、Au、Pt、Rh、Pd、Ru、Cr のうち 1 種または 2 種以上から選択されたものである請求項 13 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 15】 前記非磁性金属材料は、NiP であり、高周波プラズマ発光分析法によって測定された NiP 中の P の含有量が 11 質量%以上 14 質量%以下である請求項 14 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 16】 前記非磁性金属材料は NiP であり、高周波プラズマ発光分析法によって測定された NiP 中の P の含有量が 12.5 質量%以上 14 質量%以下である請求項 15 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 17】 前記 G d 決め絶縁層よりもハイト方向の奥側には、前記 G d 決め絶縁層に接する絶縁層が形成されており、前記上部磁極層と上部コア層との接合面を基準平面としたときに、前記絶縁層の表面は基準平面と同一面に形成されており、この絶縁層上に、上部コア層および下部コア層に記録磁界を誘導するコイル層が形成されている請求項 1 ないし 16 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘ

ッド。

【請求項 1 8】 前記絶縁層は、前記 G d 決め絶縁層を覆い、且つ前記上部磁極層とハイト方向後端側で接して形成されている請求項 1 7 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 1 9】 前記絶縁層は、無機材料で形成された無機絶縁層である請求項 1 7 または 1 8 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2 0】 前記 G d 決め絶縁層が設けられている部分よりもハイト方向後方で、前記絶縁層内に、下部コア層に接触する磁性金属材料及び／又は非磁性金属材料からなる持ち上げ層が設けられ、前記持ち上げ層の上面は、前記絶縁層と共に前記基準平面と同一面に形成され、前記持ち上げ層上に上部コア層の基端部が磁氣的に接続されている請求項 1 7 ないし 1 9 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2 1】 前記絶縁層の下に設けられた取り出し電極層上に、磁性金属材料及び／又は非磁性金属材料からなる持ち上げ層が設けられ、前記持ち上げ層の上面は、前記絶縁層と共に前記基準平面と同一面上に形成されており、前記持ち上げ層上に前記コイル層の端部が電氣的に接続されている請求項 1 7 ないし 2 0 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2 2】 前記持ち上げ層は、前記下部磁極層、前記ギャップ層、及び前記上部磁極層の積層膜と同一の積層構造を有する多層膜である請求項 2 0 または 2 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2 3】 前記持ち上げ層は、前記下部コア層又は前記上部コア層と同一の材料からなる単層膜である請求項 2 0 または 2 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2 4】 前記持ち上げ層は、前記下部コア層又は前記上部コア層との材料とは異なる金属磁性材料からなる単層膜或いは多層膜である請求項 2 0 または 2 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2 5】 (a) 記録媒体との対向面からハイト方向に所定距離だけ離れた位置で、下部コア層上に G d 決め絶縁層を形成し、前記 G d 決め絶縁層の前記対向面側の前端面に、下部コア層上から上方に向かうにしたがって前記対向面から徐々に離れるように傾斜する曲面または傾斜面を形成する工程と、

(b) 前記対向面から前記G d 決め絶縁層の前端面まで、下部コア層上にギャップ層を形成し、あるいは前記下部コア層と連続する下部磁極層およびこの下部磁極層に重ねられるギャップ層を形成する工程と、

(c) 前記ギャップ層上から前記G d 決め絶縁層の曲面または傾斜面上にかけて、幅寸法が前記下部コア層よりも短く規制されてトラック幅寸法を決める上部磁極層を形成する工程と、

(d) 前記上部磁極層上に、上部コア層を形成する工程と、

を有することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項26】 前記(a)工程では、G d 決め絶縁層となるレジスト層を、前記下部コア層上に形成した後、熱処理を施して前記G d 決め絶縁層に前記曲面又は傾斜面を形成し、さらに紫外線照射により前記G d 決め絶縁層を硬化させる請求項25記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項27】 前記(a)工程では、G d 決め絶縁層となる無機絶縁層又は有機絶縁層を前記下部コア層上に形成した後、レジスト層を前記無機絶縁層又は有機絶縁層上に形成し、熱処理を施して前記レジスト層に前記G d 決め絶縁層に形成する曲面又は傾斜面と同じ形状の曲面または傾斜面を形成し、前記レジスト層をマスクとして前記無機絶縁層又は有機絶縁層を削ることにより、前記G d 決め絶縁層を形成する請求項25に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項28】 前記(b)の工程において形成される前記ギャップ層の、前記G d 決め絶縁層との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、前記下部コア層上面とのなす角が $45^{\circ}$ 以上 $90^{\circ}$ 以下になるように、前記(a)工程において、前記G d 決め絶縁層に前記曲面又は傾斜面を形成する請求項25ないし27のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項29】 前記(b)の工程において形成される前記ギャップ層の、前記G d 決め絶縁層との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、前記下部コア層上面とのなす角が $80^{\circ}$ 以下になるように、前記(a)工程において、前記G d 決め絶縁層に前記曲面又は傾斜面を形成する請求項28に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項30】 前記(b)の工程において形成される前記下部磁極層の、

前記G d 決め絶縁層との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、前記下部コア層上面とのなす角が $45^{\circ}$ 以上 $90^{\circ}$ 以下になるように、前記(a)工程において、前記G d 決め絶縁層に前記曲面又は傾斜面を形成する請求項25ないし29のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項31】 前記(b)の工程において形成される前記下部磁極層の、前記G d 決め絶縁層との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、前記下部コア層上面とのなす角が $80^{\circ}$ 以下になるように、前記(a)工程において、前記G d 決め絶縁層に前記曲面又は傾斜面を形成する請求項30に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項32】 前記(c)工程の後に、次の(e)、(f)、及び(g)工程を有する請求項25ないし31のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

(e) 前記G d 決め絶縁層よりもハイト方向の後方で、下部コア層上に絶縁層を形成し、この絶縁層の上面を、上部磁極層の上面と同一面となるように平坦化する工程と、

(f) 前記平坦化された前記絶縁層上にコイル層を形成する工程、

(g) 前記上部磁極層上に、上部コア層を形成する工程。

【請求項33】 少なくとも前記(e)工程よりも前の工程で、前記コイル層が形成されるべき位置よりもハイト側後方の下部コア層上に、磁性金属材料及び／又は非磁性金属材料からなる持ち上げ層を形成し、前記(e)工程で、前記持ち上げ層の上面を露出させ、さらに、前記(g)工程で、前記持ち上げ層上に上部コア層の基端部を磁氣的に接続させる請求項32記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項34】 少なくとも前記(e)工程よりも前の工程で、取り出し電極と電氣的に接続される磁性金属材料及び／又は非磁性金属材料からなる持ち上げ層を形成し、前記(e)工程で、前記持ち上げ層の上面を露出させ、さらに、前記(f)工程で、前記持ち上げ層上に前記コイル層の端部を電氣的に接続させる請求項32または33記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項35】 前記(c)の工程で、下部コア層上にギャップ層を形成し



、あるいは前記下部コア層と連続する下部磁極層の上にギャップ層を形成し、さらに前記ギャップ層上及び前記G d 決め絶縁層上に前記上部磁極層を形成するとき、同時に、前記上部コア層及び／又は前記コイル層と接続される持ち上げ層を形成する請求項 3 3 または 3 4 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 3 6】 前記持ち上げ層を、前記下部コア層又は前記上部コア層と同じ材料を用いて形成する請求項 3 3 または 3 4 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 3 7】 前記持ち上げ層を、前記下部コア層又は前記上部コア層の材料とは異なる金属磁性材料を用いて単層膜或いは多層膜として形成する請求項 3 3 または 3 4 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 3 8】 前記(c)工程では、前記ギャップ層を、前記上部磁極層及び／又は前記下部磁極層と連続メッキ形成する請求項 2 5 ないし 3 7 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 3 9】 前記ギャップ層を形成するメッキ形成可能な前記非磁性金属材料には、NiP、NiPd、NiW、NiMo、Au、Pt、Rh、Pd、Ru、Crのうち1種または2種以上を選択する請求項 3 8 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 4 0】 前記ギャップ層を形成するメッキ形成可能な前記非磁性金属材料は、NiPであり、高周波プラズマ発光分析法によって測定されたNiP中のPの含有量が11質量%以上14質量%以下である請求項 3 9 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 4 1】 前記ギャップ層を形成するメッキ形成可能な前記非磁性金属材料は、NiPであり、高周波プラズマ発光分析法によって測定されたNiP中のPの含有量が12.5質量%以上14質量%以下である請求項 4 0 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば浮上式磁気ヘッドなどに使用される記録用の薄膜磁気ヘッド

に係り、特にギャップ層周辺において、適切な部位で洩れ磁束を発生させることができ、高記録密度化・高記録周波数化に対応可能な薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法に関する。

## 【 0 0 0 2 】

## 【従来の技術】

図 3 1 は、従来における薄膜磁気ヘッド（インダクティブヘッド）の構造を示す部分正面図、図 3 2 は、図 3 1 に示す 3 2 - 3 2 線から切断された薄膜磁気ヘッドを矢印方向から見た部分断面図である。

## 【 0 0 0 3 】

図 3 1 及び図 3 2 に示す符号 1 は、パーマロイなどの磁性材料で形成された下部コア層であり、この下部コア層 1 の上に、絶縁層 9 が形成されている。

## 【 0 0 0 4 】

前記絶縁層 9 には、記録媒体との対向面（以下、A B S 面と呼ぶ）からハイト方向（図示 Y 方向）にかけて、内幅寸法がトラック幅 T w で形成された溝部 9 a が形成されている。

## 【 0 0 0 5 】

この溝部 9 a 内には、下から順に、下部コア層 1 に磁氣的に接続する下部磁極層 3、ギャップ層 4、及び上部コア層 6 に磁氣的に接続する上部磁極層 5 がメッキ形成されている。

## 【 0 0 0 6 】

そして図 3 1 に示すように、前記上部磁極層 5 上に上部コア層 6 がメッキ形成されている。

## 【 0 0 0 7 】

また図 3 2 に示すように、絶縁層 9 に形成された溝部 9 a よりもハイト方向（図示 Y 方向）における前記絶縁層 9 の上には、螺旋状にパターン形成されたコイル層 7 が設けられている。

## 【 0 0 0 8 】

そして前記コイル層 7 は、レジストなどのコイル絶縁層 8 により覆われており、前記コイル絶縁層 8 の上に、上部コア層 6 が形成されている。前記上部コア層

6は、その先端部6aにて上部磁極層5と、また基端部6bにて下部コア層1と磁氣的に接続された状態になっている。

【0009】

図31および図32に示すインダクティブヘッドでは、コイル層7に記録電流が与えられると、下部コア層1及び上部コア層6に記録磁界が誘導され、下部コア層1と磁氣的に接続する下部磁極層3及び上部コア層6と磁氣的に接続する上部磁極層5間からの洩れ磁界により、ハードディスクなどの記録媒体に磁気信号が記録される。

【0010】

図31および図32に示すインダクティブヘッドでは、ABS面（記録媒体との対向面）付近に、局部的にトラック幅Twで形成された下部磁極層3、ギャップ層4、および上部磁極層5を形成しており、このタイプのインダクティブヘッドは、狭トラック化に対応可能となっている。

【0011】

図31および図32に示すインダクティブヘッドの製造方法について説明すると、まず下部コア層1上に絶縁層9を形成し、前記絶縁層9に、トラック幅Twの溝部9aをABS面からハイト方向に所定の長さで形成する。

【0012】

次に前記溝部9a内に、下部磁極層3、ギャップ層4および上部磁極層5を連続メッキして形成し、その後、絶縁層9に形成された溝部9aよりも後方（ハイト方向）の絶縁層9上に、コイル層7をパターン形成する。

【0013】

さらに前記コイル層7上を、コイル絶縁層8によって覆い、上部磁極層5上から前記コイル絶縁層8上にかけて上部コア層6を、フレームメッキ法で形成すると、図31および図32に示すインダクティブヘッドが完成する。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】

図31及び図32に示された薄膜磁気ヘッドでは、前述のように、コイル層7に記録電流が与えられると、下部コア層1及び上部コア層6に記録磁界が誘導さ

れ、下部磁極層 3 及び上部磁極層 5 に磁束が流れ込む。

【 0 0 1 5 】

しかし、図 3 2 では、下部磁極層 3、ギャップ層 4、及び上部磁極層 5 の A B S 面の前端面からハイト方向側の後端面までの長さは、全て等しく T 1 である。

【 0 0 1 6 】

前記 T 1 は、ギャップデプス ( G d ) と呼ばれており、従来の薄膜磁気ヘッドでは、ギャップ層 4 における洩れ磁束を大きくするために、T 1 を非常に短かく形成する必要性があった。

【 0 0 1 7 】

しかしながら図 3 2 に示す薄膜磁気ヘッドでは、上記したように、下部磁極層 3、ギャップ層 4、及び上部磁極層 5 の A B S 面の前端面からハイト方向側の後端面までの長さは、全て等しく T 1 で形成されるため、T 1 を狭くすれば、それだけ、上部コア層 6 と上部磁極層 5 の接合面の面積が狭くなる。そして、この接合面において上部コア層 6 を流れてきた磁束が絞られてしまい、前記磁束がギャップ層 4 に到達する前に磁気飽和してしまう。即ち、洩れ磁束がギャップ層 4 の近傍以外の部位からも発生してしまい、特に、記録周波数を高くしていくと、正確な記録を行なうことができなくなるという問題が生じていた。

【 0 0 1 8 】

また、図 3 1 及び図 3 2 に示された薄膜磁気ヘッドでは、ライトフリンジングの発生を抑制するために、下部コア層 1 の上面と上部コア層 6 の A B S 面側付近での距離 H 1 を大きくする必要がある。

【 0 0 1 9 】

しかしながら前記距離 H 1 が大きくなると、さらに磁束がギャップ層 4 に到達する前に磁気飽和に達しやすくなる。このように従来の薄膜磁気ヘッドの構造では、ライトフリンジングの発生を抑制すると同時に、磁束の流れを良好にさせるという構成をとることができなかった。

【 0 0 2 0 】

本発明は上記従来の課題を解決するためのものであり、特に狭トラック化を進めたときにも、洩れ磁束をギャップ層において確実に発生させることにより、正

確な磁気記録を可能とする薄膜磁気ヘッド及びその製造方法を提供することを目的としている。

#### 【 0 0 2 1 】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の薄膜磁気ヘッドは、下部コア層と、前記下部コア層上に直接にまたは下部磁極層を介して形成されたギャップ層と、前記ギャップ層上で幅寸法が前記下部コア層よりも短く形成されてトラック幅を決める上部磁極層と、前記上部磁極層の上に形成された上部コア層とを有し、

記録媒体との対向面よりもハイト方向の奥側に、ギャップ層と上部磁極層との接合面の前記ハイト方向の深さ（ギャップデプス）を決めるG d 決め絶縁層が設けられ、前記上部磁極層とG d 決め絶縁層との接触面は、前記ギャップデプスよりもハイト方向へ深く形成されていることを特徴とするものである。

#### 【 0 0 2 2 】

本発明では、記録媒体との対向面（A B S 面）よりもハイト方向の奥側に、ギャップデプスを決めるG d 決め絶縁層が設けられている。前記ギャップ層と前記上部磁極層との接合面のハイト方向側の後端が、前記G d 決め絶縁層の前端面に接して形成されることにより、ギャップデプスが決められている。

#### 【 0 0 2 3 】

また本発明では、前記上部磁極層とG d 決め絶縁層との接触面は、前記上部コア層に向うにしたがって前記ギャップデプスよりもハイト方向へ徐々に深くなるように形成されていることが好ましい。つまり、前記上部磁極層は、そのハイト方向側の後端部側を前記G d 決め絶縁層上まで延長させることができる。すなわち、前記上部コア層と前記上部磁極層の接合面の面積を広くすること及び上部磁極層の体積を増加させることができる。従って、前記上部コア層を流れてきた磁束が前記接合面で絞られることを抑えることができ、また、前記上部磁極層内部を磁束が流れやすくなるので、前記磁束が前記ギャップ層に到達する前に飽和してしまうことを防ぐことができる。

#### 【 0 0 2 4 】

つまり、本発明では、洩れ磁束を確実にギャップ層から発生させることができ

、記録周波数を高くした場合でも、正確な記録を行なうことができる。

【 0 0 2 5 】

なお、本発明では、前記上部磁極層の後端部側を、従来よりハイト方向に延長させるが、前記ギャップ層の後端面は、前記G d 決め絶縁層の前端面により規制されるので、前記ギャップ層の面積を小さくしたままにできる。従って、前記ギャップ層における洩れ磁束が小さくなることはない。

【 0 0 2 6 】

また本発明の薄膜磁気ヘッドでは、例えば、前記G d 決め絶縁層には、前記上部コア層に向うにしたがって前記ギャップデプスよりもハイト方向へ徐々に深くなる曲面または傾斜面が形成され、前記上部磁極層は、前記ギャップ層の上から前記曲面または傾斜面にかけて形成されているように構成することができる。

【 0 0 2 7 】

前記ギャップ層の前記G d 決め絶縁層との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、前記下部コア層上面とのなす角が $45^{\circ}$  以上 $90^{\circ}$  以下であることが好ましい。

【 0 0 2 8 】

前記ギャップ層の前記G d 決め絶縁層との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、前記下部コア層上面とのなす角が $45^{\circ}$  未満であると、ギャップ層の膜厚が変動したときの、ギャップデプスの変動の割合が大きくなり、また、前記G d 決め絶縁層との突当り面付近において、前記ギャップ層にダレが生じることがある。

【 0 0 2 9 】

また、前記ギャップ層の前記G d 決め絶縁層との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、前記下部コア層上面とのなす角が $90^{\circ}$  より大きくなると、前記上部磁極層にくびれが生じることがあり、前記上部磁極層内の磁束の流れが抑制され、磁気ヘッドの書き込み特性が低下する。

【 0 0 3 0 】

なお、前記ギャップ層の前記G d 決め絶縁層との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、前記下部コア層上面とのなす角が $80^{\circ}$  以下であると、本発

明の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する際に述べるように、前記下部磁極層や前記ギャップ層にレジストが入り込み、磁気ヘッドのトラック幅の制御ができなくなることを防ぐことができるのでより好ましい。

【 0 0 3 1 】

また、前記下部磁極層の前記 G d 決め絶縁層との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、前記下部コア層上面とのなす角が  $45^{\circ}$  以上  $90^{\circ}$  以下であることが好ましい。

【 0 0 3 2 】

前記下部磁極層の前記 G d 決め絶縁層との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、前記下部コア層上面とのなす角が  $45^{\circ}$  未満であると、前記 G d 決め絶縁層の前端部から前記ギャップ層の前記 G d 決め絶縁層との突当り面までの距離が長くなり、この距離の誤差が大きくなりやすくなる。すると、製品ごとの前記ギャップデプスのバラつきが大きくなる。

【 0 0 3 3 】

前記下部磁極層の前記 G d 決め絶縁層との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、前記下部コア層上面とのなす角が  $90^{\circ}$  より大きくなると、前記上部磁極層にくびれが生じることがあり、前記上部磁極層内の磁束の流れが抑制され、磁気ヘッドの書き込み特性が低下する。

【 0 0 3 4 】

なお、前記下部磁極層の前記 G d 決め絶縁層との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、前記下部コア層上面とのなす角が  $80^{\circ}$  以下であると、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する際に述べるように、前記下部磁極層や前記ギャップ層にレジストが入り込み、磁気ヘッドのトラック幅の制御ができなくなることを防ぐことができるのでより好ましい。

【 0 0 3 5 】

また、G d 決め絶縁層の前記対向面側には、下部コア層に対してほぼ垂直に立ち上がる垂直面が形成されており、前記ギャップ層および前記ギャップ層と上部磁極層との接合面のハイト方向後端が、前記垂直面まで形成されていると、前記ギャップデプスを正確に決めることができる。

## 【 0 0 3 6 】

また、前記 G d 決め絶縁層は、有機材料で形成されることができる。特に、前記 G d 決め絶縁層が紫外線硬化性樹脂によって形成されていると、前記 G d 決め絶縁層の前端面を所定の形状に形成することが容易になるので好ましい。

## 【 0 0 3 7 】

あるいは、前記 G d 決め絶縁層は、無機材料で形成されていると G d 決め絶縁層を精確に加工することができ、ギャップデプスの寸法及びギャップ層の膜厚の変動を抑えることができる。

## 【 0 0 3 8 】

前記 G d 決め絶縁層を形成するための無機材料として、例えば、 $\text{SiO}_2$  や  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を利用できる。

## 【 0 0 3 9 】

さらに、前記ギャップ層は、メッキ形成可能な非磁性金属材料で形成されることが好ましい。

## 【 0 0 4 0 】

前記ギャップ層が、メッキ形成可能な非磁性金属材料で形成されていると、後述する製造方法の説明において述べるように、前記下部磁極層、前記ギャップ層、及び前記上部磁極層を連続メッキによって順次形成できる。

## 【 0 0 4 1 】

前記ギャップ層を形成するための、メッキ形成可能な前記非磁性金属材料として、例えば、NiP、NiPd、NiW、NiMo、Au、Pt、Rh、Pd、Ru、Crのうち1種または2種以上から選択されたものが利用できる。

## 【 0 0 4 2 】

前記非磁性金属材料がNiPであるときには、前記ギャップ層を非磁性層とするために、高周波プラズマ発光分析法によって測定されたNiP中のPの含有量が11質量%以上14質量%以下であることが好ましい。なお、高周波プラズマ発光分析法によって測定されたNiP中のPの含有量が12.5質量%以上14質量%以下であると、NiPに200℃以上の熱処理を加えてもNiPは非磁性状態を保つのでより好ましい。



## 【 0 0 4 3 】

従って、本発明では、前記ギャップ層近傍において漏れ磁界を確実に発生させることができる。

## 【 0 0 4 4 】

また、前記 G d 決め絶縁層よりもハイト方向の奥側には、前記 G d 決め絶縁層に接する絶縁層が形成されており、前記上部磁極層と上部コア層との接合面を基準平面としたときに、前記絶縁層の表面は基準平面と同一面に形成されており、この絶縁層上に、上部コア層および下部コア層に記録磁界を誘導するコイル層が形成されていると、前記絶縁層の表面が確実に平坦面とされた上に、前記コイル層が形成されるようにできるので、前記コイル層をパターン精度良く形成することが可能である。

## 【 0 0 4 5 】

なお前記絶縁層は、前記 G d 決め絶縁層を覆い、且つ前記上部磁極層とハイト方向後端側で接して形成されていることがより好ましい。

なお、前記絶縁層は、無機材料で形成された無機絶縁層であることが好ましい。

## 【 0 0 4 6 】

また、前記 G d 決め絶縁層が設けられている部分よりもハイト方向後方で、前記絶縁層内に、下部コア層に接触する磁性金属材料及び／又は非磁性金属材料からなる持ち上げ層が設けられ、前記持ち上げ層の上面は、前記絶縁層と共に前記基準平面と同一面に形成され、前記持ち上げ層上に上部コア層の基端部が磁氣的に接続されていると、後述する製造方法の説明において述べるように、下部コア層と上部コア層を容易に磁氣的接続させることができるので好ましい。

## 【 0 0 4 7 】

さらに、前記絶縁層の下に設けられた取り出し電極層上に、磁性金属材料及び／又は非磁性金属材料からなる持ち上げ層が設けられ、前記持ち上げ層の上面は、前記絶縁層と共に前記基準平面と同一面上に形成されており、前記持ち上げ層上に前記コイル層の端部が電氣的に接続されていると、後述する製造方法の説明において述べるように、前記コイル層と取り出し電極とを容易に接続させること

ができるので好ましい。

【 0 0 4 8 】

なお、前記持ち上げ層は、前記下部磁極層、前記ギャップ層、及び前記上部磁極層の積層膜と同一の積層構造を有する多層膜として形成されるものであると、後述する製造方法の説明において述べるように、前記持ち上げ層を前記下部磁極層、前記ギャップ層、及び前記上部磁極層の形成と同時に形成することができるので工程を短縮できる。

【 0 0 4 9 】

ただし、前記持ち上げ層は、前記下部コア層又は前記上部コア層と同一の材料からなる単層膜である方が、前記持ち上げ層に前記ギャップ層と同じ材料が含まれる構成よりも磁氣的、電氣的特性が向上する。

【 0 0 5 0 】

あるいは、磁氣的・電氣的特性を更に向上させるために、前記持ち上げ層は、前記下部コア層又は前記上部コア層の材料とは異なる金属磁性材料からなる単層膜或いは多層膜でもよい。

【 0 0 5 1 】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、

(a) 記録媒体との対向面からハイト方向に所定距離だけ離れた位置で、下部コア層上にG d 決め絶縁層を形成し、前記G d 決め絶縁層の前記対向面側の前端面に、下部コア層上から上方に向かうにしたがって前記対向面から徐々に離れるように傾斜する曲面または傾斜面を形成する工程と、

(b) 前記対向面から前記G d 決め絶縁層の前端面まで、下部コア層上にギャップ層を形成し、あるいは前記下部コア層と連続する下部磁極層およびこの下部磁極層に重ねられるギャップ層を形成する工程と、

(c) 前記ギャップ層上から前記G d 決め絶縁層の曲面または傾斜面上にかけて、幅寸法が前記下部コア層よりも短く規制されてトラック幅寸法を決める上部磁極層を形成する工程と、

(d) 前記上部磁極層上に、上部コア層を形成する工程と、

を有することを特徴とするものである。

## 【 0 0 5 2 】

このように本発明では、まず、前記対向面（A B S 面）からハイト方向に所定距離だけ離れた位置で、ギャップデプスを決める G d 決め絶縁層を形成し、前記ギャップ層をハイト方向側の後端面が、前記 G d 決め絶縁層の前端面に接するように形成する。

## 【 0 0 5 3 】

さらに、前記上部磁極層を、前記ギャップ層上のみではなく、そのハイト方向側の後端部側を前記 G d 決め絶縁層の曲面または傾斜面上まで延長させて形成している。

## 【 0 0 5 4 】

すなわち、前記上部コア層と前記上部磁極層の接合面の面積を広くすること及び上部磁極層の体積を増加させることができる。従って、前記上部コア層を流れてきた磁束が前記接合面で絞られることを抑えることができ、また、前記上部磁極層内部を磁束が流れやすくなるので、前記磁束が前記ギャップ層に到達する前に飽和してしまうことを防ぐことができる薄膜磁気ヘッド装置を製造することができる。

## 【 0 0 5 5 】

つまり、本発明では、洩れ磁束を確実にギャップ層から発生させることができ、記録周波数を高くした場合でも、正確な記録を行なうことができる薄膜磁気ヘッド装置を製造することが出来る。

## 【 0 0 5 6 】

なお、本発明では、前記上部磁極層の後端部側を、従来よりハイト方向に延長させることができるが、前記ギャップ層の後端面は、前記 G d 決め絶縁層の前端面により規制されるので、前記ギャップ層の面積を小さくしたままにできる。従って、前記ギャップ層における洩れ磁束が小さくなることはない。

## 【 0 0 5 7 】

また、前記（a）工程で、前記 G d 決め絶縁層の前記対向面側の前端面に、下部コア層上から上方に向かうにしたがって前記対向面から徐々に離れるように傾斜する曲面または傾斜面を形成するために、G d 決め絶縁層の材料となるレジス

トとして紫外線硬化性樹脂を選択し、レジスト層を、前記下部コア層上に形成した後、熱処理を施して前記G d 決め絶縁層に前記曲面または傾斜面を形成し、さらに紫外線照射により前記G d 決め絶縁層を硬化させるという方法を用いることが好ましい。

## 【 0 0 5 8 】

あるいは、前記（a）工程では、G d 決め絶縁層となる無機絶縁層又は有機絶縁層を前記下部コア層上に形成した後、レジスト層を前記無機絶縁層又は有機絶縁層上に形成し、熱処理を施して前記レジスト層に前記G d 決め絶縁層に形成する曲面又は傾斜面と同じ形状の曲面または傾斜面を形成し、前記レジスト層をマスクとして前記無機絶縁層又は有機絶縁層を削ることにより、前記G d 決め絶縁層を形成することがより好ましい。有機絶縁層の材料としては、例えば、エポキシ系やノボラック系の樹脂等、無機絶縁層の材料としては、例えば、 $\text{SiO}_2$ や $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等を利用できる。

## 【 0 0 5 9 】

また、前記（b）の工程で形成される前記ギャップ層の、前記G d 決め絶縁層との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、前記下部コア層上面とのなす角が $45^\circ$ 以上 $90^\circ$ 以下になるように、前記（a）工程において、前記G d 決め絶縁層に前記曲面又は傾斜面を形成することが好ましい。

## 【 0 0 6 0 】

特に、前記（b）の工程において形成される前記ギャップ層の、前記G d 決め絶縁層との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、前記下部コア層上面とのなす角が $80^\circ$ 以下になるように、前記（a）工程において、前記G d 決め絶縁層に前記曲面又は傾斜面を形成することがより好ましい。

## 【 0 0 6 1 】

さらに、前記（b）の工程で形成される前記下部磁極層の、前記G d 決め絶縁層との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、前記下部コア層上面とのなす角が $45^\circ$ 以上 $90^\circ$ 以下になるように、前記（a）工程において、前記G d 決め絶縁層に前記曲面又は傾斜面を形成することがより好ましい。

## 【 0 0 6 2 】

特に、前記（b）の工程において形成される前記下部磁極層の、前記G d 決め絶縁層との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、前記下部コア層上面とのなす角が $80^{\circ}$ 以下になるように、前記（a）工程において、前記G d 決め絶縁層に前記曲面又は傾斜面を形成することがより好ましい。

## 【 0 0 6 3 】

また、前記（c）工程の後に、次の（e）、（f）、及び（g）工程を有すると、前記上部コア層及び下部コア層に記録磁界を誘導するコイル層を、平坦化された前記絶縁層上にパターン精度良く形成することが可能になるので好ましい。

（e）前記G d 決め絶縁層よりもハイト方向の後方で、下部コア層上に絶縁層を形成し、この絶縁層の表面を、上部磁極層の上面と同一面となるように平坦化する工程と、

（f）前記平坦化された前記絶縁層上にコイル層を形成する工程、

（g）前記上部磁極層上に、上部コア層を形成する工程。

## 【 0 0 6 4 】

本発明では、前記（e）の工程において、前記G d 決め絶縁層よりもハイト方向の後方で、下部コア層上に絶縁層を形成し、この絶縁層の表面を、上部磁極層の上面と同一面となるように平坦化するので、前記（f）の工程でコイル層を平坦化された前記絶縁層上に形成することができる。

## 【 0 0 6 5 】

また、少なくとも前記（e）工程よりも前の工程で、前記コイル層が形成されるべき位置よりもハイト側後方の下部コア層上に、磁性金属材料及び／又は非磁性金属材料からなる持ち上げ層を形成し、前記（e）工程で、前記持ち上げ層の上面を露出させ、さらに、前記（g）工程で、前記持ち上げ層上に上部コア層の基端部を磁氣的に接続させることが好ましい。

## 【 0 0 6 6 】

前記下部コア層上に前記持ち上げ層を形成しておき、前記（e）の工程において、前記絶縁層の表面を、上部磁極層の上面と同一面となるように平坦化するとき、前記持ち上げ層の上面を露出させると、前記下部コア層と前記上部コア層を磁氣的に接続させるために、前記下部コア層上を覆っている前記絶縁層に、前

記下部コア層を露出させるための開口部を形成する工程を設けなくてもよくなる。

【 0 0 6 7 】

また、少なくとも前記（e）工程よりも前の工程で、取り出し電極と電氣的に接続される磁性金属材料及び／又は非磁性金属材料からなる持ち上げ層を形成し、前記（e）工程で、前記持ち上げ層の上面を露出させ、さらに、前記（f）工程で、前記持ち上げ層上に前記コイル層の端部を電氣的に接続させることが好ましい。

【 0 0 6 8 】

前記持ち上げ層を形成しておき、前記（e）の工程において、前記絶縁層の表面を、上部磁極層の上面と同一面となるように平坦化するとき、前記持ち上げ層の上面を露出させると、前記コイル層を取り出し電極と接続させるために、前記下部コア層上を覆っている前記絶縁層に、前記取り出し電極を露出させるための開口部を形成する工程を設けなくてもよくなる。

【 0 0 6 9 】

また、前記（c）の工程で、前記下部コア層上にギャップ層を形成し、あるいは前記下部コア層と連続する下部磁極層上にギャップ層を形成し、さらに前記ギャップ層上及び前記G d 決め絶縁層上に前記上部磁極層を形成するとき、同時に、前記上部コア層及び／又は前記コイル層と接続される持ち上げ層を形成すると、前記持ち上げ層を形成するために別工程を設けなくともよくなる。

【 0 0 7 0 】

ただし、前記持ち上げ層を、前記下部コア層又は前記上部コア層と同一の材料からなる単層膜として形成したほうが、前記持ち上げ層を前記ギャップ層と同じ材料が含まれるものとして形成するよりも磁氣的、電氣的特性が向上する。

【 0 0 7 1 】

あるいは、磁氣的・電氣的特性を更に向上させるために、前記持ち上げ層を、前記下部コア層又は前記上部コア層とは異なる金属磁性材料からなる単層膜或いは多層膜として形成してもよい。

【 0 0 7 2 】

また、前記(c)工程では、前記ギャップ層を、前記上部磁極層及び／又は前記下部磁極層と連続メッキ形成することが好ましい。

## 【0073】

前記ギャップ層を、前記上部磁極層及び／又は前記下部磁極層と連続メッキ形成するためには、前記ギャップ層をメッキ形成可能な非磁性金属材料によって形成することが必要になる。

## 【0074】

メッキ形成可能な非磁性金属材料としては、例えば、NiP、NiPd、NiW、NiMo、Au、Pt、Rh、Pd、Ru、Crのうち1種または2種以上を選択して用いることができる。

## 【0075】

前記ギャップ層を形成するメッキ形成可能な前記非磁性金属材料が、NiPであるときは、高周波プラズマ発光分析法によって測定されたNiP中のPの含有量が11質量%以上14質量%以下であることが好ましい。特に、高周波プラズマ発光分析法によって測定されたNiP中のPの含有量が12.5質量%以上14質量%以下であるとより好ましい。

## 【0076】

## 【発明の実施の形態】

図1は、本発明における薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分正面図、図2は図1に示す2-2線から切断した薄膜磁気ヘッドを矢印方向から見た部分断面図である。

## 【0077】

図1に示す薄膜磁気ヘッドは、記録用のインダクティブヘッドであるが、本発明では、このインダクティブヘッドの下に、磁気抵抗効果を利用した再生用ヘッド(MRヘッド)が積層されていてもよい。

## 【0078】

図1及び図2に示す符号10は、例えばパーマロイなどの磁性材料で形成された下部コア層である。なお、前記下部コア層10の下側に再生用ヘッドが積層される場合、前記下部コア層10とは別個に、磁気抵抗効果素子をノイズから保護

するシールド層を設けてもよいし、あるいは、前記シールド層を設けず、前記下部コア層 10 を、前記再生用ヘッドの上部シールド層として機能させてもよい。

【0079】

また図 1 に示すように、後述する下部磁極層 11 の基端から延びる下部コア層 10 の上面は、実線で示される平坦面 10a, 10a である。ただし、下部コア層 10 の上面が、破線で示される前記上部コア層 15 から離れる方向に傾斜する傾斜面 10b, 10b のように形成されてもよい。前記下部コア層 10 の上面に傾斜面 10b, 10b が形成されると、ライトフリンジングをよりいっそう適切に防止することができる。

【0080】

図 1 に示すように、下部コア層 10 の上には、磁性金属材料によりメッキ下地層 11a が形成され、さらに下部磁極層 11、ギャップ層 12、および上部磁極層 13 が連続して積層されている。

【0081】

図 1 および図 2 に示すように、下部コア層 10 上には、メッキ下地層 11a を介して、下部磁極層 11 がメッキ形成されている。下部磁極層 11 は、下部コア層 10 と磁氣的に接続されており、下部磁極層 11 は、下部コア層 10 と同じ材質でも異なる材質で形成されていてもどちらでもよい。また単層膜でも多層膜で形成されていてもどちらでもよい。

【0082】

また図 1 及び図 2 に示すように、下部磁極層 11 上には、非磁性のギャップ層 12 が積層されている。

【0083】

本発明では、ギャップ層 12 は、非磁性金属材料で形成されて、下部磁極層 11 上にメッキ形成されることが好ましい。なお本発明では、前記非磁性金属材料として、NiP、NiPd、NiW、NiMo、NiRh、Au、Pt、Rh、Pd、Ru、Cr のうち 1 種または 2 種以上を選択することが好ましく、ギャップ層 12 は、単層膜で形成されていても多層膜で形成されていてもどちらであってもよい。



## 【 0 0 8 4 】

また、ギャップ層 1 2 を形成するための前記非磁性金属材料が N i P であるときには、ギャップ層 1 2 を非磁性層とするために、高周波プラズマ発光分析法によって測定された N i P 中の P の含有量が、1 1 質量%以上 1 4 質量%以下であることが好ましい。なお、高周波プラズマ発光分析法によって測定された N i P 中の P の含有量が 1 2 . 5 質量%以上 1 4 質量%以下であると、N i P に 2 0 0 °C 以上の熱処理を加えても N i P は非磁性状態を保つのでより好ましい。

## 【 0 0 8 5 】

次にギャップ層 1 2 上には、後述する上部コア層 1 5 と磁氣的に接続する上部磁極層 1 3 がメッキ形成されている。なお上部磁極層 1 3 は、上部コア層 1 5 と同じ材質で形成されていてもよいし、異なる材質で形成されていてもよい。

## 【 0 0 8 6 】

上記したようにギャップ層 1 2 が、非磁性金属材料で形成されていれば、下部磁極層 1 1、ギャップ層 1 2 および上部磁極層 1 3 を連続してメッキ形成することが可能になる。

## 【 0 0 8 7 】

なお本発明では、下部コア層 1 0 と連続する下部磁極層 1 1 を形成せず、下部コア層 1 0 の上に直接ギャップ層 1 2 が形成されていてもよい。ただし、ライトフリンジングをより適切に防ぐために、下部コア層 1 0 の上面から少なくとも 0 . 3  $\mu$  m 程度の高さで下部磁極層 1 1 を形成するほうが好ましい。

## 【 0 0 8 8 】

また上記したように、下部磁極層 1 1 および上部磁極層 1 3 は、それぞれの磁極層が磁氣的に接続されるコア層と同じ材質でも異なる材質で形成されてもどちらでもよいが、記録密度を向上させるためには、ギャップ層 1 2 に対向する下部磁極層 1 1 および上部磁極層 1 3 は、それぞれの磁極層が磁氣的に接続されるコア層の飽和磁束密度よりも高い飽和磁束密度を有していることが好ましい。このように下部磁極層 1 1 および上部磁極層 1 3 が高い飽和磁束密度を有していることにより、ギャップ近傍に記録磁界を集中させ、記録密度を向上させることが可能になる。

## 【 0 0 8 9 】

なお、図 1 及び図 2 では、上部磁極層 1 3 は、第 1 上部磁極層 1 3 a と第 2 上部磁極層 1 3 b からなる 2 層膜である。第 1 上部磁極層 1 3 a は第 2 上部磁極層 1 3 b よりも飽和磁束密度が大きい磁性材料によって形成されている。このように、上部磁極層 1 3 を、ギャップ層 1 2 に近くなるほど飽和磁束密度が大きくなる多層膜として形成すると上部コア層 1 5 から流れてきた磁束をギャップ近傍に集約することが容易になり、記録密度を向上させることが可能になる。

## 【 0 0 9 0 】

ただし、上部磁極層 1 3 は単層膜として形成されてもよい。また、3 層以上の多層膜として形成されてもよい。

## 【 0 0 9 1 】

図 1 及び図 2 に示す薄膜磁気ヘッドでは、上部磁極層 1 3 の幅寸法は下部コア層 1 0 の幅寸法よりも短く形成されており、この上部磁極層 1 3 の幅寸法でトラック幅  $T_w$  が規制されている。

## 【 0 0 9 2 】

前記トラック幅  $T_w$  は、 $0.7 \mu m$  以下で形成されることが好ましく、より好ましくは  $0.4 \mu m$  以下である。トラック幅  $T_w$  の調整方法については、後の製造方法で詳述することとするが、この寸法は、レジストを露光現像した際の分解能の限界値以下の数値である。

## 【 0 0 9 3 】

また図 1 に示すように、下部磁極層 1 1、ギャップ層 1 2、および上部磁極層 1 3 の厚さ寸法の合計は  $H_2$  で形成されている。例えば一例として、下部磁極層 1 1 の膜厚は  $0.4 \mu m$  程度、ギャップ層 1 2 の膜厚は  $0.2 \mu m$  程度、上部磁極層 1 3 の膜厚は  $2 \mu m$  程度である。

## 【 0 0 9 4 】

図 2 に示されるように、下部磁極層 1 1、ギャップ層 1 2 及び上部磁極層 1 3 の後方には、レジストなどの絶縁材料製の G d 決め絶縁層 1 6 が形成されている。

## 【 0 0 9 5 】

図 3 は、図 2 に示された薄膜磁気ヘッドの A B S 面周辺の部分拡大断面図である。

【 0 0 9 6 】

G d 決め絶縁層 1 6 は、記録媒体との対向面（A B S 面）側の前端面が下部コア層 1 0 上から上方（図示 Z 方向）に向かうに従って、A B S 面からの距離が徐々に離れるように傾斜する曲面となっている。ギャップ層 1 2 と上部磁極層 1 3 との接合面のハイト方向の深さ（ギャップデプス）は、G d 決め絶縁層の前端面によって L 1 に規制されている。

【 0 0 9 7 】

図 3 に示すように、上部磁極層 1 3 と G d 決め絶縁層 1 6 との接触面は、上方（図示 Z 方向）にある上部コア層 1 5 に向うにしたがって前記ギャップデプスよりもハイト方向へ徐々に深くなるように形成されている

すなわち上部コア層 1 5 方向（図示 Z 方向）に向かうほど、G d 決め絶縁層 1 6 の前端面から A B S 面までの長さは長くなっている。

【 0 0 9 8 】

図 3 に示すように上部磁極層 1 3 は、そのハイト方向側（図示 Y 方向）の後端部が G d 決め絶縁層 1 6 の曲面上にまで延長されている。すなわち、上部磁極層 1 3 上に磁氣的に接続される上部コア層 1 5 と、前記上部磁極層 1 3 の接合面の面積は、（ギャップデプス長×トラック幅 T w）よりも大きくなる。この面積は図 3 1 及び 3 2 に示す、上部磁極層 5 のハイト方向への長さ T 1 がギャップデプス長とほぼ同じ長さ寸法で形成されていた従来に比べ、広くなり、上部磁極層 1 3 の体積も増加させることができる。従って、上部コア層 1 5 を流れてきた磁束が前記接合面で絞られることを抑えることができ、また、上部磁極層 1 3 内部を磁束が流れやすくなるので、前記磁束がギャップ層 1 2 に到達する前に飽和してしまうことを防ぐことができる。

【 0 0 9 9 】

つまり、本発明では、洩れ磁束を確実にギャップ層 1 2 周辺から発生させることができ、記録周波数を高くした場合でも、正確な記録を行なうことができる。

【 0 1 0 0 】

また、ギャップ層 1 2 周辺における洩れ磁束を大きくするためには、ギャップ層 1 2 の面積をなるべく狭くしたほうがよい。この実施例では、G d 決め絶縁層 1 6 の前端面から記録媒体との対向面（A B S 面）までのギャップ層 1 2 の上面（上部磁極層 1 3 との接合面）の長さ寸法は L 1 となるように規制されており、ギャップ層 1 2 の面積が広くなりすぎることはない。

## 【 0 1 0 1 】

すなわち本発明では、図 3 に示すように、上部磁極層 1 3 の長さ寸法を、ギャップ層 1 2 や下部磁極層 1 1 に比べて長く形成することができ、ギャップ層 1 2 の面積を増加させることなく、上部磁極層 1 3 の体積を増加させることができる。

## 【 0 1 0 2 】

次に図 2 に示すように、G d 決め絶縁層 1 6 よりもハイト方向の奥側には、G d 決め絶縁層 1 6 を覆い、且つ上部磁極層 1 3 の後端面と接している下地絶縁層 1 4 が、下部コア層 1 0 上に、形成されている。下地絶縁層 1 4 の表面は、上部磁極層 1 3 と上部コア層 1 5 との接合面を基準平面 A としたときに、この基準平面 A と同一面をなしている。この下地絶縁層 1 4 は、無機材料で形成された無機絶縁層であり、前記無機材料には、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $Ta_2O_5$ 、 $AlN$  から 1 種または 2 種以上が選択されることが好ましい。

## 【 0 1 0 3 】

そして図 2 に示すように、下地絶縁層 1 4 上には、上部コア層 1 5 及び下部コア層 1 0 に記録磁界を誘導する、巻き中心部 1 7 a を中心として螺旋状にパターン形成された、例えば Cu などのコイル層 1 7 が形成されている。

## 【 0 1 0 4 】

コイル層 1 7 上には、レジストやポリイミドなどの有機材料で形成されたコイル絶縁層 1 8 が形成されており、コイル絶縁層 1 8 上には、パーマロイなどの磁性材料で形成された上部コア層 1 5 がフレームメッキ法などにより形成されている。

## 【 0 1 0 5 】

上部コア層 1 5 は、その先端部 1 5 a が、上部磁極層 1 3 に接して形成されて

おり、また基端部 1 5 b は、下部コア層 1 0 上に形成された磁性材料製の持ち上げ層（バックギャップ層） 1 9 上に磁氣的に接続された状態となっている。持ち上げ層 1 9 の上面は、下地絶縁層 1 4 と共に前記基準平面 A と同一面に形成されている。図 2 に示された薄膜磁気ヘッドでは、持ち上げ層 1 9 を下部コア層 1 0 又は上部コア層 1 5 と同じ材料によって形成している。また、持ち上げ層 1 9 を、下部コア層 1 0 又は上部コア層 1 5 の材料とは異なる金属磁性材料からなる単層膜或いは多層膜として形成してもよい。

## 【 0 1 0 6 】

なお、持ち上げ層 1 9 は形成されていなくてもよく、この場合、上部コア層 1 5 の基端部 1 5 b が、下部コア層 1 0 上にまで延びて、下部コア層 1 0 上に直接磁氣的に接続された状態となる。また図 1 に示すように上部コア層 1 5 の先端部 1 5 a の幅寸法 T 3 は、トラック幅 T w よりも大きく形成される。

## 【 0 1 0 7 】

また、コイル層 1 7 の巻き中心部 1 7 a 及び端部 1 7 c は、持ち上げ層 1 9 と同じ材料を用いて形成された持ち上げ層 2 2 及び 2 3 に電氣的に接続されている。持ち上げ層 2 2 及び 2 3 の上面は、下地絶縁層 1 4 と共に前記基準平面 A と同一面に形成されている。

## 【 0 1 0 8 】

図 2 に示された薄膜磁気ヘッドでは、持ち上げ層 2 2 及び 2 3 を下部コア層 1 0 又は上部コア層 1 5 と同じ材料によって形成している。また、持ち上げ層 2 2 及び 2 3 を、下部コア層 1 0 又は上部コア層 1 5 の材料とは異なる金属磁性材料からなる単層膜或いは多層膜として形成してもよい。

## 【 0 1 0 9 】

さらに、持ち上げ層 2 2 及び 2 3 は、磁性材料によって形成されなくともよい。例えば、コイル層 1 7 と同じく C u など、導電性の良好な材料を用いて形成することができる。

## 【 0 1 1 0 】

持ち上げ層 2 2 及び 2 3 は、メッキ下地層 1 1 a を介して取り出し電極層 2 4 及び 2 5 に接続されている。図 2 では、取り出し電極層 2 4 及び 2 5 は、下部コ

ア層 1 0 と同時に形成されたものであり、下部コア層 1 0 と同じ材料によって形成されている。ただし、取り出し電極層 2 4 及び 2 5 は、下部コア層 1 0 と同じ材料によって形成されなくともよい。

【 0 1 1 1 】

なお持ち上げ層 2 2 及び 2 3 は形成されていなくてもよく、この場合、コイル層 1 7 の巻き中心部 1 7 a と端部 1 7 c が取り出し電極層 2 4 及び 2 5 上にまで延びて、取り出し電極層 2 4 及び 2 5 上に直接電氣的に接続された状態となる。

【 0 1 1 2 】

ところで本発明では、図 2 に示すように、コイル層 1 7 は、C u などから成る導電性材料層 2 0 と、その上に積層された N i などから成る導電性保護層 2 1 とで構成されることが好ましい。

【 0 1 1 3 】

導電性材料層 2 0 が C u で形成されれば、コイル抵抗値を低くでき、また許容電流を大きくすることができる。なお導電性材料層 2 0 は、C u に限らず、C u 、A u のうちのいずれか一方または両方の元素を含む単層構造または多層構造であってもよい。

【 0 1 1 4 】

また導電性保護層 2 1 は、N i に限らず、N i 、P 、P d 、P t 、B 、A u または W から選ばれる 1 種または 2 種以上の元素を含む単層構造または多層構造の耐酸化性に優れる導電層であってもよい。

【 0 1 1 5 】

図 2 に示すように、コイル層 1 7 上にはコイル絶縁層 1 8 が形成されるが、このコイル絶縁層 1 8 が形成されるまでの間に、コイル層 1 7 の上面 1 7 b は大気中に曝されることがあり、この際、コイル層 1 7 が C u などの導電性材料層 2 0 単層で形成されていると、導電性材料層 2 0 の表面は酸化され、例えば図 2 に示すコイル絶縁層 1 8 との密着性が悪化し、膜剥れなどが生じる。

【 0 1 1 6 】

また上記した酸化層の形成は、インダクティブヘッドのコイル抵抗値を不安定化させ、記録特性を低下させる原因となる。

## 【 0 1 1 7 】

このため本発明では、Cuなどで形成された導電性材料層20の上に、導電性材料層20を酸化から防止する例えばNiから成る導電性保護層21を設け、コイル絶縁層18を形成する際に、導電性材料層20の酸化を適切に防止することが可能になっている。

## 【 0 1 1 8 】

なお導電性保護層21の膜厚は0.5 $\mu$ m程度であることが好ましい。なおNiなどで形成された導電性保護層21も大気に曝されると、酸化するおそれがあるが、導電性保護層21が、例えばNiで形成されている場合、導電性保護層21に形成される酸化層は、3.0nm程度であるので、上記のように導電性保護層21を200～600nm程度の膜厚で形成すれば、前記酸化層をイオンミリング等で除去しても、直接前記イオンミリングの影響を導電性材料層20が受けることはなく、よって導電性材料層20の断面積の変化を防ぐことが可能である。

## 【 0 1 1 9 】

また導電性材料層20と導電性保護層21は、連続してメッキ形成されることが好ましい。なお本発明では、導電性保護層21に代えて、SiO<sub>2</sub>などの非導電性の絶縁材料で形成された保護層を設けてもよい。また前記保護層をスパッタなどで形成することが可能である。

## 【 0 1 2 0 】

ところで図3では、上記したように、Gd決め絶縁層16は、前端面に下部コア層10上から上部コア層15方向（上方）に向かうに従って、ABS面からの距離が徐々に離れるように傾斜する曲面を有しており、上部磁極層13は後端部が前記曲面上に形成されているが、前記Gd決め絶縁層16の形状は他の形状であってもかまわない。

## 【 0 1 2 1 】

図4は、図2の薄膜磁気ヘッドとGd決め絶縁層の形状のみ異ならせた、本発明の第2の実施の形態を示す薄膜磁気ヘッドのABS面周辺の部分拡大断面図である。

## 【 0 1 2 2 】

図 4 では、G d 決め絶縁層 2 6 のハイト方向（Y 方向）の全長 L 3 が図 3 の G d 決め絶縁層 1 6 のハイト方向（Y 方向）の全長 L 2 よりも短く形成されている。G d 決め絶縁層 2 6 のハイト方向（Y 方向）の全長 L 3 が短く形成されると、G d 決め絶縁層 2 6 の A B S 面側の前面に、下部コア層 1 0 に対してほぼ垂直に立ちあがる垂直面 2 6 a が形成される。さらに、ギャップ層 1 2 及びギャップ層 1 2 と上部磁極層 1 3 との接合面のハイト方向後端が、A B S 面から垂直面 2 6 a までの間に形成されている。A B S 面から垂直面 2 6 a までの距離はギャップデプスの長さに等しい L 1 に設定されている。G d 決め絶縁層 2 6 の前端面に垂直面 2 6 a が形成され、この垂直面 2 6 a でギャップ層 1 2 と上部磁極層 1 3 との接合面のハイト方向後端の位置が規制されるとギャップデプスを、正確に長さ L 1 に設定することができる。

## 【 0 1 2 3 】

前記 G d 決め絶縁層 2 6 には、前記垂直面 2 6 a の上端からハイト方向（図示 Z 方向）に向かって徐々に上部コア層 1 5 側に近づくように傾斜する曲面あるいは傾斜面が形成されており、この曲面あるいは傾斜面上に、上部磁極層 1 3 の後端部が乗って形成されている。

## 【 0 1 2 4 】

このため前記上部磁極層 1 3 と上部コア層 1 5 との接合面の面積を大きくでき、前記上部磁極層 1 3 の体積を大きくできるので、漏れ磁界をギャップ近傍に集中しやすくできる。

## 【 0 1 2 5 】

図 5 は、本発明の第 3 の実施の形態を示す薄膜磁気ヘッドの A B S 面周辺の部分拡大断面図である。図 5 に示される G d 決め絶縁層 2 7 のように、G d 決め絶縁層 2 7 の上部が平坦面 2 7 a となっており、その上に上部絶縁層 1 3 の後端部が乗るようになっていてもよい。図 5 では、G d 決め絶縁層 2 7 の前端面が垂直面 2 7 b となっており、ギャップデプスの長さが L 1 となるように、ギャップ層 1 2 と上部磁極層 1 3 との接合面のハイト方向後端の位置が垂直面 2 7 b によって規制されている。



## 【 0 1 2 6 】

このように、G d 決め絶縁層の形状が図 5 に示された G d 決め絶縁層 2 7 のように形成されたものであっても、上部磁極層 1 3 の長さ寸法を、ギャップ層 1 2 や下部磁極層 1 1 に比べて長く形成することができ、ギャップ層 1 2 の面積を増加させることなく、上部磁極層 1 3 の体積を増加させることができる。

## 【 0 1 2 7 】

また、図 1 から図 5 では、上部磁極層 1 3 を飽和磁束密度の異なる第 1 上部磁極層 1 3 a と第 2 上部磁極層 1 3 b からなる 2 層膜として示している。しかし、上部磁極層 1 3 は、図 6 に示されるように、単一の磁性材料からなる単層膜として形成されてもよい。

## 【 0 1 2 8 】

G d 決め絶縁層の好ましい形状について説明する。

図 7 の薄膜磁気ヘッドは、図 3 に示した薄膜磁気ヘッドの A B S 面周辺の部分断面図を拡大した図である。

## 【 0 1 2 9 】

図 7 では、ギャップ層 1 2 の G d 決め絶縁層 1 6 との突当り面の上端部 1 2 a 及び下端部 1 2 b を通る仮想平面 S 1 と、下部コア層 1 0 の上面 1 0 a とのなす角  $\theta 1$  が  $45^{\circ}$  以上  $90^{\circ}$  以下の範囲にある。なお、図 7 では、図を見やすくするために、角  $\theta 1$  を仮想平面 S 1 と下部コア層 1 0 の上面 1 0 a に平行な平面とがなす角として図示している。

## 【 0 1 3 0 】

本実施の形態のように、角  $\theta 1$  が  $45^{\circ}$  以上であると、ギャップ層 1 2 の膜厚が変動したときの、ギャップデプス L 1 の変動を小さくできる。また、G d 決め絶縁層 1 6 との突当り面付近において、ギャップ層 1 2 にダレが生じることを防ぐことができる。

## 【 0 1 3 1 】

また、角  $\theta 1$  が  $90^{\circ}$  以下であると、上部磁極層 1 3 に磁束の流れを抑制するくびれが形成されないので、磁気ヘッドの書き込み特性の低下を防止できる。

## 【 0 1 3 2 】

なお、ギャップ層 1 2 の G d 決め絶縁層 1 6 との突当り面の上端部 1 2 a 及び下端部 1 2 b を通る仮想平面 S 1 と下部コア層 1 0 の上面 1 0 a とのなす角  $\theta 1$  が  $80^\circ$  より大きくなると、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する際に述べるように、下部磁極層 1 1 やギャップ層 1 2 にレジストが入り込み、磁気ヘッドのトラック幅の制御ができなくなるので、角  $\theta 1$  は  $80^\circ$  以下であることが好ましい。

## 【 0 1 3 3 】

また図 7 では、下部磁極層 1 1 の G d 決め絶縁層 1 6 との突当り面の上端部 1 2 b 及び下端部 1 1 b を通る仮想平面 S 2 と、下部コア層 1 0 の上面 1 0 a とのなす角  $\theta 2$  が  $45^\circ$  以上  $90^\circ$  以下の範囲内にある。なお、図 7 においては、ギャップ層 1 2 の G d 決め絶縁層 1 6 との突当り面の下端部と、下部磁極層 1 1 の G d 決め絶縁層 1 6 との突当り面の上端部は重なっている。また、図 7 では、図を見やすくするために、角  $\theta 2$  を仮想平面 S 2 と下部コア層 1 0 の上面 1 0 a に平行な平面とがなす角として図示している。

## 【 0 1 3 4 】

角  $\theta 2$  が  $45^\circ$  以上であると、G d 決め絶縁層 1 6 の前縁部（下部磁極層 1 1 の G d 決め絶縁層 1 6 との突当り面の下端部 1 1 b と同一）からギャップ層 1 2 の G d 決め絶縁層 1 6 との突当り面までの距離 L 5 を小さくできるので、製品ごとのギャップデプス L 1 のバラつきを小さくできる。

## 【 0 1 3 5 】

また、角  $\theta 2$  が  $90^\circ$  以下であると、上部磁極層 1 3 に磁束の流れを抑制するくびれが形成されないので、磁気ヘッドの書き込み特性の低下を防止できる。

## 【 0 1 3 6 】

なお、角  $\theta 2$  が  $80^\circ$  より大きくなると、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する際に述べるように、下部磁極層 1 1 やギャップ層 1 2 にレジストが入り込み、磁気ヘッドのトラック幅の制御ができなくなるので、角  $\theta 2$  は  $80^\circ$  以下であることが好ましい。

## 【 0 1 3 7 】

図 7 に示された磁気ヘッドでは、G d 決め絶縁層 1 6 の記録媒体との対向面（

A B S 面) 側の前端面は曲面となっているので、ギャップ層 1 2 の G d 決め絶縁層 1 6 との突当り面の上端部 1 2 a 及び下端部 1 2 b を通る仮想平面 S 1 と、下部コア層 1 0 の上面 1 0 a とのなす角  $\theta 1$  と、下部磁極層 1 1 の G d 決め絶縁層 1 6 との突当り面の上端部 1 2 b 及び下端部 1 1 b を通る仮想平面 S 2 と、下部コア層 1 0 の上面 1 0 a とのなす角  $\theta 2$  が異なっている。

【 0 1 3 8 】

本実施の形態のように、角  $\theta 1$  と角  $\theta 2$  とが、共に  $45^{\circ}$  以上  $90^{\circ}$  以下の範囲内にあってもよいし、角  $\theta 1$  と角  $\theta 2$  の一方が  $45^{\circ}$  以上  $90^{\circ}$  以下の範囲内にあってもよい。

【 0 1 3 9 】

なお、角  $\theta 1$  と角  $\theta 2$  の、少なくとも一方が  $45^{\circ}$  以上  $90^{\circ}$  以下の範囲内にあることはあくまでも好ましい形態であり、本発明において角  $\theta 1$  及び角  $\theta 2$  の範囲を制限するものではない。

【 0 1 4 0 】

図 8 は、本発明の第 4 の実施の形態を示す薄膜磁気ヘッドの A B S 面周辺の部分拡大断面図である。

【 0 1 4 1 】

図 8 に示された磁気ヘッドでは、G d 決め絶縁層 6 1 の記録媒体との対向面 (A B S 面) 側の前端面は傾斜面となっているので、ギャップ層 1 2 の G d 決め絶縁層 6 1 との突当り面 1 2 c の上端部 1 2 a 及び下端部 1 2 b を通る仮想平面 S 3 と、下部コア層 1 0 の上面 1 0 a とのなす角  $\theta 1$  と、下部磁極層 1 1 の G d 決め絶縁層 6 1 との突当り面 1 1 c の上端部 1 2 b 及び下端部 1 1 b を通る仮想平面 S 3 と、下部コア層 1 0 の上面 1 0 a とのなす角  $\theta 2$  は等しい。

【 0 1 4 2 】

なお、図 8 では、図を見やすくするために、角  $\theta 1$  及び角  $\theta 2$  を、仮想平面 S 3 と下部コア層 1 0 の上面 1 0 a に平行な平面とがなす角として図示している。

【 0 1 4 3 】

本実施の形態においても、角  $\theta 1$  と角  $\theta 2$  は共に、 $45^{\circ}$  以上  $90^{\circ}$  以下の範囲にある。

## 【 0 1 4 4 】

角  $\theta 1$  が  $45^\circ$  以上であると、ギャップ層 1 2 の膜厚  $L 4$  が変動したときの、ギャップデプス  $L 1$  の変動を小さくできる。また、 $G d$  決め絶縁層 1 6 との突当り面 1 2 c 付近において、ギャップ層 1 2 にダレが生じることを防ぐことができる。

## 【 0 1 4 5 】

また、角  $\theta 1$  及び角  $\theta 2$  が  $90^\circ$  以下であると、上部磁極層 1 3 に磁束の流れを抑制するくびれが形成されないので、磁気ヘッドの書き込み特性の低下を防止できる。

## 【 0 1 4 6 】

なお、角  $\theta 1$  及び角  $\theta 2$  が  $80^\circ$  より大きくなると、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する際に述べるように、下部磁極層 1 1 やギャップ層 1 2 にレジストが入り込み、磁気ヘッドのトラック幅の制御ができなくなるので、角  $\theta 1$  は  $80^\circ$  以下であることが好ましい。

## 【 0 1 4 7 】

また、角  $\theta 2$  が  $45^\circ$  以上であると、 $G d$  決め絶縁層 6 1 の前縁部からギャップ層 1 2 の  $G d$  決め絶縁層 6 1 との突当り面までの距離  $L 5$  を小さくできるので、製品ごとのギャップデプス  $L 1$  のバラつきを小さくできる。

## 【 0 1 4 8 】

なお、 $G d$  決め絶縁層 1 6、2 6、2 7、6 1 は、後述する製造方法の説明において述べるように、紫外線硬化性樹脂によって形成されることができる。 $G d$  決め絶縁層 1 6、2 6、2 7、6 1 を、紫外線硬化性樹脂によって形成すると、 $G d$  決め絶縁層 1 6、2 6、2 7、6 1 の前端面を所定の形状に形成することが容易になる。

## 【 0 1 4 9 】

或いは、 $G d$  決め絶縁層 1 6、2 6、2 7、6 1 は、無機材料で形成されていてもよい。 $G d$  決め絶縁層 1 6、2 6、2 7、6 1 が、無機材料で形成されると  $G d$  決め絶縁層の加工を精確に行なうことができ、ギャップデプス及びギャップ層の膜厚の変動を抑えることができる。

## 【 0 1 5 0 】

Gd 決め絶縁層 1 6、2 6、2 7、6 1 を形成するための無機材料として、例えば、 $\text{SiO}_2$  や  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を利用できる。

## 【 0 1 5 1 】

図 2 に示された本発明の実施の形態の薄膜磁気ヘッドでは、上部コア層 1 5 と下部コア層 1 0 を磁氣的に接続するための持ち上げ層 1 9 を下部コア層 1 0 及び上部コア層 1 5 と同じ材料によって形成している。

## 【 0 1 5 2 】

また、コイル層 1 7 の巻き中心部 1 7 a 及び端部 1 7 c を取り出し電極層 2 4 及び 2 5 に接続するための、持ち上げ層 2 2 及び 2 3 も下部コア層 1 0 及び上部コア層 1 5 と同じ材料によって形成している。

## 【 0 1 5 3 】

図 9 は、本発明の第 5 の実施の形態を示す薄膜磁気ヘッドの縦断面図である。図 9 に示された薄膜磁気ヘッドは、図 2 に示された薄膜磁気ヘッドと持ち上げ層 2 8、2 9、3 0 においてのみ異なっている。

## 【 0 1 5 4 】

図 9 では、持ち上げ層 2 8、2 9、3 0 は、下部磁極層 1 1、ギャップ層 1 2、及び上部磁極層 1 3 の積層膜と同一の積層構造を有する多層膜として形成されている。従って、後述する製造方法の説明において述べるように、持ち上げ層 2 8、2 9、3 0 を下部磁極層 1 1、ギャップ層 1 2、及び上部磁極層 1 3 の形成と同時に形成することができるので工程を短縮できる。

## 【 0 1 5 5 】

ただし、図 2 に示された薄膜磁気ヘッドのように、持ち上げ層 1 9、2 2、2 3 が、下部コア層 1 0 又は上部コア層 1 5 と同一の材料からなる単層膜である方が、図 9 の薄膜磁気ヘッドより磁氣的、電氣的特性は良好である。

## 【 0 1 5 6 】

図 1 0 は、本発明の第 6 の実施の形態を示す薄膜磁気ヘッドの縦断面図である。

## 【 0 1 5 7 】

本実施の形態では、下部コア層 1 0 上に直接ギャップ層 4 1 が積層されている。ギャップ層 4 1 は、 $Al_2O_3$  や  $SiO_2$  などの絶縁性材料によって形成されている。ギャップ層 4 1 上の、ABS 面から所定距離離れた位置に、G d 決め絶縁層 4 2 が形成されている。ギャップデプスは、G d 決め絶縁層 4 2 の ABS 面側の前端面によって、ギャップ層 4 1 と上部磁極層 4 3 との接合面のハイト方向側の後端が規制されることにより決められる。図 1 0 では、ギャップデプスの長さは、L 1 に設定されている。

## 【 0 1 5 8 】

G d 決め絶縁層 4 2 の前端面及びギャップ層 4 1 上の G d 決め絶縁層 4 2 と ABS 面との間の部分にメッキ下地層 4 3 a を介して、上部磁性層 4 3 がメッキ形成されている。

## 【 0 1 5 9 】

上部磁性層 4 3 は上面で、上部コア層 1 5 と磁氣的に接続されている。

本実施の形態の薄膜磁気ヘッドは、図 1 から図 9 に示された薄膜磁気ヘッドとは、ギャップ層 4 1 と上部磁極層が連続メッキされるものではない点で異なっている。

## 【 0 1 6 0 】

図 1 0 の薄膜磁気ヘッドにおいても、上部コア層 1 5 と上部磁極層 4 3 の接合面の面積が従来よりも広くなり、上部磁極層 4 3 の体積も増加している。従って、上部コア層 1 5 を流れてきた磁束が前記接合面で絞られることを抑えることができ、また、上部磁極層 4 3 内部を磁束が流れやすくなるので、前記磁束がギャップ層 4 1 に到達する前に飽和してしまうことを防ぐことができる。

## 【 0 1 6 1 】

ただし、図 1 0 のように、G d 決め絶縁層 4 2 の前端面及びギャップ層 4 1 上の G d 決め絶縁層 4 2 と ABS 面との間の部分に、メッキ下地層 4 3 a を形成しておく、前記メッキ下地層 4 3 a の上に、前記上部磁極層 4 3 をパターン形成する際に使用されるレジスト層を形成し、このレジスト層を上部磁極層 4 3 形状に露光現像する際に、前記メッキ下地層 4 3 a の存在により乱反射が起こりやすくなるといった問題がある。そして前記乱反射により上部磁極層 4 3 をパターン

精度良く形成することが困難になる。従って、図 1 から図 9 の薄膜磁気ヘッドのように、下部コア層 1 0 上にメッキ下地層 1 1 a が形成され、その上に G d 決め絶縁層 1 6、2 6、または 2 7 が積層された後に、下部磁極層 1 1、ギャップ層 1 2、上部磁極層 1 3 が連続メッキによって形成されるものであるほうが、パターン精度の上で好ましい。

## 【 0 1 6 2 】

図 1 1 から図 1 8 は、図 2 に示された本発明における薄膜磁気ヘッドの製造方法を示す一連の製造工程図である。

## 【 0 1 6 3 】

まず図 1 1 では、下部コア層 1 0 上に、パーマロイなどの磁性材料で形成されたメッキ下地層 1 1 a を形成し、さらにメッキ下地層 1 1 a 上の所定部分に、紫外線硬化性樹脂などで形成される G d 決め絶縁層 1 6 を形成する。また、下部コア層 1 0 の形成と同時にコイル層の取り出し電極層 2 4 及び 2 5 を形成する。

## 【 0 1 6 4 】

例えば G d 決め絶縁層 1 6 は、紫外線硬化性樹脂からなるレジスト層を図 1 1 のように矩形状に形成した後、ポストバーク（熱処理）することで、前記レジスト層にだれを生じさせ、図 1 2 に示すように、前記レジスト層で形成された G d 決め絶縁層 1 6 の前端面に下部コア層 1 0 から図示 Z 方向に向かうに従って記録媒体との対向面（A B S 面）から徐々に離れるように傾斜する曲面を形成する。熱処理後、前記 G d 決め絶縁層 1 6 に紫外線を照射して、硬化させる。なお G d 決め絶縁層 1 6 の前端面から A B S 面までのギャップ層 1 2 の上面が形成されるべき部分の長さ寸法 L 1 で、ギャップデプス G d が決定される。

## 【 0 1 6 5 】

次に、図 1 3 のように下部コア層 1 0 上にレジスト層 5 1 を塗布形成し、さらにレジスト層 5 1 に、露光現像によって、A B S 面からハイト方向（図示 Y 方向）に所定の長さ寸法であって、且つ図 1 9 に示されるようにトラック幅方向（図示 X 方向）に G d 決め絶縁層 1 6 の幅寸法よりも狭い所定の幅寸法で形成される溝 5 1 a を形成し、溝 5 1 a 内に、下部磁極層 1 1、ギャップ層 1 2、および上部磁極層 1 3 を、連続してメッキ形成する。

## 【 0 1 6 6 】

レジスト層 5 1 の厚さ寸法 H 3 は、少なくとも図 1 に示す完成した薄膜磁気ヘッドにおける下部磁極層 1 1、ギャップ層 1 2、および上部磁極層 1 3 の厚さ寸法の合計 H 2 よりも厚く形成されていなければならない。

## 【 0 1 6 7 】

前記ギャップ層 1 2 を形成するメッキ形成可能な前記非磁性金属材料には、NiP、NiPd、NiW、NiMo、Au、Pt、Rh、Pd、Ru、Crのうち1種または2種以上を選択することが好ましい。

## 【 0 1 6 8 】

また、ギャップ層 1 2 を形成するための前記非磁性金属材料がNiPであるときには、ギャップ層 1 2 を非磁性層とするために、高周波プラズマ発光分析法によって測定されたNiP中のPの含有量を、11質量%以上14質量%以下にすることが好ましい。

## 【 0 1 6 9 】

なお、高周波プラズマ発光分析法によって測定されたNiP中のPの含有量を12.5質量%以上14質量%以下にすると、NiPに200℃以上の熱処理を加えても、NiPが非磁性状態を保つのでより好ましい。

## 【 0 1 7 0 】

なお下部磁極層 1 1 は形成されなくともかまわない。また、図 1 3 では、上部磁極層 1 3 を、第 1 上部磁極層 1 3 a と第 2 上部磁極層 1 3 b からなる 2 層膜として形成している。第 1 上部磁極層 1 3 a は第 2 上部磁極層 1 3 b よりも飽和磁束密度が大きい磁性材料によって形成されている。このように、上部磁極層 1 3 を、ギャップ層 1 2 に近くなるほど飽和磁束密度が大きくなる多層膜として形成すると上部コア層 1 5 から流れてきた磁束をギャップ近傍に集約することが容易になり、記録密度を向上させることが可能になる。

## 【 0 1 7 1 】

ただし、上部磁極層 1 3 を単層膜としてもよいし、3層以上の多層膜として形成してもよい。

## 【 0 1 7 2 】



また、図 7 に示したように、ギャップ層 1 2 の G d 決め絶縁層 1 6 との突当り面の上端部 1 2 a 及び下端部 1 2 b を通る仮想平面 S 1 と、下部コア層 1 0 の上面 1 0 a とのなす角  $\theta 1$  と、下部磁極層 1 1 の G d 決め絶縁層 1 6 との突当り面の上端部 1 2 b 及び下端部 1 1 b を通る仮想平面 S 2 と、下部コア層 1 0 の上面 1 0 a とのなす角  $\theta 2$  が、 $45^{\circ}$  以上  $90^{\circ}$  以下の範囲内となることが好ましい。

## 【 0 1 7 3 】

本発明では、図 1 2 の工程において、レジスト層のポストバーク（熱処理）の条件を設定することによって、G d 決め絶縁層 1 6 の前端面の形状を調整し、角  $\theta 1$  及び角  $\theta 2$  を  $45^{\circ}$  以上  $90^{\circ}$  以下の範囲とすることができる。

## 【 0 1 7 4 】

なお、図 1 3 においては、上部磁極層 1 3 の上面 1 3 c 1 が、後の図 1 6 工程における上部磁極層 1 3 の上面 1 3 c 2 よりも高い位置となるように形成することが好ましい。

## 【 0 1 7 5 】

下部磁極層 1 1、ギャップ層 1 2、及び上部磁極層 1 3 をメッキ形成した後、上部磁極層 1 3 の上面を保護し、レジスト層 5 1 のハイト方向（図示 Y 方向）後端に、露光現像によって穴部 5 1 b、5 1 c、及び 5 1 d を形成する。この穴部 5 1 b、5 1 c、及び 5 1 d 内に、磁性材料製の持ち上げ層 1 9、2 2、及び 2 3 をメッキ形成する。

## 【 0 1 7 6 】

図 1 4 に示す工程ではレジスト層 5 1 を除去した状態を示しており、下部コア層 1 0 上には、A B S 面付近に下部磁極層 1 1、ギャップ層 1 2、及び上部磁極層 1 3 が積層され、A B S 面からハイト方向に離れた位置に持ち上げ層 1 9、2 2、及び 2 3 が形成されている。

## 【 0 1 7 7 】

なお、図 1 4 においては、持ち上げ層 1 9、2 2、2 3 の上面 1 9 a 1、2 2 a 1、2 3 a 1 が、後の図 1 6 工程における持ち上げ層 1 9、2 2、2 3 の上面 1 9 a 2、2 2 a 2、2 3 a 2 よりも高い位置となるように形成することが好ま

しい。

## 【 0 1 7 8 】

なお、ここに説明する製造方法では、下部磁極層 1 1、ギャップ層 1 2、および上部磁極層 1 3 を形成した後、改めてレジスト層 5 1 に穴部 5 1 b、5 1 c、5 1 d を形成して持ち上げ層 1 9、2 2、2 3 をメッキ形成しなければならないので、後に説明する、図 3 の薄膜磁気ヘッドの製造方法に比べて製造工程は複雑になる。しかし、持ち上げ層 1 9、2 2、2 3 を下部コア層 1 0 又は上部コア層 1 5 と同じ材料からなる単層膜として形成することができるので、図 3 の薄膜磁気ヘッドのように持ち上げ層 2 8、2 9、3 0 内にギャップ層 1 2 と同じ材料からなる層を有することが無く、磁気特性及び電気特性の点では優れた薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

## 【 0 1 7 9 】

また、持ち上げ層 1 9、2 2、2 3 を下部コア層 1 0 又は上部コア層 1 5 の材料とは異なる金属磁性材料からなる単層膜または多層膜として形成してもよい。

## 【 0 1 8 0 】

なお図 1 4 に示す下部磁極層 1 1、ギャップ層 1 2、及び上部磁極層 1 3 の両側面（図示 X 方向における側面）を、トラック幅方向（図示 X 方向）からイオンミリングで削り、下部磁極層 1 1、ギャップ層 1 2、及び上部磁極層 1 3 の幅寸法を小さくしてもよい。この場合イオンミリングによって削られた後の上部磁極層 1 3 の幅寸法がトラック幅  $T_w$  として規定される。上部磁極層 1 3 の幅寸法は、下部コア層 1 0 の幅寸法よりも短く形成される。なお前記イオンミリングによって、下部磁極層 1 1 の基端から延びるトラック幅方向（図示 X 方向）の下部コア層 1 0 の上面も削れていき、図 1 に破線で示される傾斜面 1 0 b、1 0 b が前記下部コア層 1 0 上面に形成される。

## 【 0 1 8 1 】

さらに、メッキ下地層 1 1 a の、下部コア層 1 0、取り出し電極層 2 4 及び 2 5 の間をつないでいる部分を除去する。

## 【 0 1 8 2 】

次に図 1 5 に示す工程では、まず上部磁極層 1 3 上から下部コア層 1 0 上、さ

らには持ち上げ層 19、22、及び 23 上からハイト方向にかけて、絶縁材料で形成された下地絶縁層 14 をスパッタ形成する。

## 【0183】

なお本発明では下地絶縁層 14 を無機材料によってスパッタ形成する。前記無機材料には、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $Ta_2O_5$ 、 $AlN$ のうちから 1 種または 2 種以上を選択することが好ましい。

## 【0184】

そして図 15 に示すように、下地絶縁層 14 の上面を CMP 技術などを利用して B-B 線上まで削っていく。その状態を示すのが図 16 である。

## 【0185】

下地絶縁層 14 が B-B 線まで削られることにより、図 16 に示すように、上部磁極層 13 の上面 13c2 が露出し、しかもこの上面 13c2 と同一面上に持ち上げ層 19、22、23 の上面 19a2、22a2、23a2 も露出した状態になる。

## 【0186】

このように上部磁極層 13 の上面 13c2 と同一面上に持ち上げ層 19、22、23 の上面 19a2、22a2、23a2 が露出するのは、図 14 に示す工程で、持ち上げ層 19、22、23 の上面 19a1、22a1、23a1 を、図 16 における持ち上げ層 19、22、23 の上面 19a2、22a2、23a2 よりも高い位置となるように形成したからである。

## 【0187】

従って図 16 に示す工程で研磨工程を終了すると、上部磁極層 13 の上面 13c2 と同一面上に、下地絶縁層 14 の表面及び持ち上げ層 19、22、23 の上面 19a2、22a2、23a2 を位置させることができる。

## 【0188】

そして図 17 に示すように、下地絶縁層 14 上にコイル層 17 を、巻き中心部 17a を中心として螺旋状にパターン形成する。

## 【0189】

また本発明では図 17 に示すように、コイル層 17 を、Cu、Au のうちのい

ずれか一方または両方の元素を含む単層構造または多層構造で形成された導電性材料層 2 0 と導電性材料層 2 0 の上に積層された N i、P、P d、P t、B または W から選ばれる 1 種または 2 種以上の元素を含む単層構造または多層構造で形成される導電性保護層 2 1 とで構成することが好ましい。

## 【 0 1 9 0 】

このように導電性保護層 2 1 を導電性材料層 2 0 上に積層する理由は、導電性材料層 2 0 を酸化から防止するためである。なお大気などに曝された導電性保護層 2 1 の表面は酸化されるが、導電性保護層 2 1 に形成される酸化層は 3 . 0 n m 程度と非常に薄い。このためイオンミリング法などにより導電性保護層 2 1 の酸化層を削っても、導電性保護層 2 1 の膜厚は 2 0 0 ~ 6 0 0 n m 程度であることから、前記イオンミリングの影響を導電性材料層 2 0 が受けることはなく、導電性材料層 2 0 の体積を変化させることがない。従って前記コイル層 1 7 のコイル抵抗値や許容電流を一定値に保つことが可能である。

## 【 0 1 9 1 】

本発明では、上部磁極層 1 3 の上面 1 3 c 2 と同一面上に、下地絶縁層 1 4 の上面が位置し、前記上部磁極層 1 3 の上面 1 3 c 2 からハイト方向（図示 Y 方向）にかけて、平坦化された面が広がっており、前記平坦化面上にコイル層 1 7 を形成することができるので、コイル層 1 7 をパターン精度良く形成することができる。

## 【 0 1 9 2 】

本発明では、コイル層 1 7 の巻き中心部 1 7 a 及び端部 1 7 c を、持ち上げ層 2 2 及び 2 3 上に直接、電氣的に接続させることが可能である。

## 【 0 1 9 3 】

仮に持ち上げ層 2 2 及び 2 3 が形成されず、取り出し電極層 2 4 及び 2 5 が外部に露出しない場合には、取り出し電極層 2 4 及び 2 5 上を覆う下地絶縁層 1 4 をエッチング等により削って穴部を形成する必要性がある。

## 【 0 1 9 4 】

本発明では、図 1 6 の工程で上部磁極層 1 3 の上面 1 3 c 2 と同一面上に持ち上げ層 2 2、2 3 の上面 2 2 a 2、2 3 a 2 が露出するので、コイル層 1 7 の巻

き中心部 1 7 a 及び端部 1 7 c を、持ち上げ層 2 2 及び 2 3 上に直接積層することができ、製造工程を簡略化することが可能になる。

## 【 0 1 9 5 】

次に図 1 8 に示す工程では、コイル層 1 7 を、例えばレジストやポリイミドなどの有機絶縁材料から形成されたコイル絶縁層 1 8 で覆い、さらにコイル絶縁層 1 8 上に上部コア層 1 5 を、フレームメッキ法などの既存の方法でパターン形成する。図 1 8 に示すように上部コア層 1 5 は、その先端部 1 5 a にて上部磁極層 1 3 上に接して形成され、また基端部 1 5 b にて下部コア層 1 0 上に形成された持ち上げ層 1 9 上に磁氣的に接して形成される。

## 【 0 1 9 6 】

仮に持ち上げ層 1 9 が形成されない場合には、下部コア層 1 0 上を覆う下地絶縁層 1 4 をエッチング等により削って穴部を形成する必要性がある。

## 【 0 1 9 7 】

本発明では、図 1 6 の工程で上部磁極層 1 3 の上面 1 3 c 2 と同一面上に持ち上げ層 1 9 の上面 1 9 a 2 が露出するので、上部コア層 1 5 の基端部 1 5 b を持ち上げ層 1 9 に直接積層することができ、製造工程を簡略化することが可能になる。

## 【 0 1 9 8 】

また本発明では、図 1 4 に示す工程で、下部コア層 1 0 上に形成された下部磁極層 1 1、ギャップ層 1 2、上部磁極層 1 3 のトラック幅方向の両側端面を、イオンミリング法によって削ってもよい。この場合、上部磁極層 1 3 の幅寸法（＝トラック幅  $T_w$ ）を小さく形成して、狭トラック化に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することができる。この場合トラック幅  $T_w$  を  $0.4 \mu m$  以下に形成することができる。

## 【 0 1 9 9 】

また、トラック幅  $T_w$  を  $0.5 \mu m$  以上で形成する場合には、図 1 3 及び図 1 9 に示されたレジスト層 5 1 に露光・現像を行なうことにより形成された溝 5 1 a の幅寸法でトラック幅  $T_w$  を規制することができるので、下部磁極層 1 1、ギャップ層 1 2、上部磁極層 1 3 のトラック幅方向の両側端面を、イオンミリング

法によって削る必要はない。

#### 【 0 2 0 0 】

なお、トラック幅  $T_w$  は、具体的には  $0.7 \mu m$  以下で形成することが好ましく、より好ましくは  $0.4 \mu m$  以下である。

#### 【 0 2 0 1 】

図 2 0 及び図 2 1 は、図 9 に示された薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明するための製造工程図である。

#### 【 0 2 0 2 】

まず、図 2 0 のように、下部コア層 1 0 上に、パーマロイなどの磁性材料で形成されたメッキ下地層 1 1 a を形成し、さらにメッキ下地層 1 1 a 上の所定部分に、レジストなどで形成される G d 決め絶縁層 1 6 を形成する。また、下部コア層 1 0 の形成と同時にコイル層の取り出し電極層 2 4 及び 2 5 を形成する。

#### 【 0 2 0 3 】

例えば G d 決め絶縁層 1 6 は、紫外線硬化性樹脂からなるレジスト層を矩形状に形成した後、ポストバーク（熱処理）することで、前記レジスト層にだれを生じさせ、図 2 0 に示すように、前記レジスト層で形成された G d 決め絶縁層 1 6 の前端面に下部コア層 1 0 上から図示 Z 方向に向かうに従って A B S 面から徐々に離れるように傾斜する曲面を形成する。熱処理後、前記 G d 決め絶縁層 1 6 に紫外線を照射して、硬化させる。

#### 【 0 2 0 4 】

次に、図 2 1 のように、下部コア層 1 0 上にレジスト層 5 1 を塗布形成し、さらにレジスト層 5 1 に、露光現像によって、A B S 面からハイト方向（図示 Y 方向）に所定の長さ寸法であって、且つ図 1 9 に示されるように、トラック幅方向（図示 X 方向）に、G d 決め絶縁層 1 6 の幅寸法よりも狭い、所定の幅寸法で形成される溝 5 1 a を形成する。また溝 5 1 a を形成するとき同時に、レジスト層 5 1 のハイト方向（図示 Y 方向）後端に、露光現像によって穴部 5 1 b、5 1 c、及び 5 1 d を形成する。

#### 【 0 2 0 5 】

次に、溝 5 1 a 内に、下部磁極層 1 1、ギャップ層 1 2、および上部磁極層 1

3を、連続してメッキ形成するとき、同時に、持ち上げ層28、29、30を形成する。持ち上げ層28、29、30は、下部磁極層11、ギャップ層12、および上部磁極層13と同一の多層膜として形成される。

#### 【0206】

レジスト層51を除去した後、図15から図18を用いて説明した工程と同じ工程を経て、図9の薄膜磁気ヘッドを得る。

#### 【0207】

下部磁極層11、ギャップ層12、および上部磁極層13を、連続してメッキ形成するとき、同時に、持ち上げ層28、29、30を形成すると、下部磁極層11、ギャップ層12、および上部磁極層13を形成した後、改めてレジスト層51に穴部51b、51c、51dを形成して持ち上げ層をメッキ形成するという製造方法に比べて、工程を少なくすることができる。

#### 【0208】

Gd決め絶縁層16を形成する方法として、上述した紫外線硬化性樹脂からなるレジスト層を矩形状に形成した後、ポストバーク（熱処理）することで、前記レジスト層にだれを生じさせる方法以外に、以下に述べる方法がある。

#### 【0209】

まず、図22のように、Gd決め絶縁層となる無機絶縁層72を下部コア層10上に、スパッタ法や蒸着法などの成膜プロセスによって形成した後、レジスト層71を無機絶縁層72上に形成する（図23）。無機絶縁層72は、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等によって形成される。

#### 【0210】

次に、レジスト層71に熱処理を施して、Gd決め絶縁層72に形成する曲面又は傾斜面と同じ形状の曲面または傾斜面を形成する（図24）。

#### 【0211】

本実施の形態では、下部コア層10の上面10aと無機絶縁層72の上面72aとが平行になるように無機絶縁層72を成膜し、無機絶縁層72の上面72aとレジスト層71の前端面71aとのなす角 $\theta_3$ が $45^\circ$ 以上 $90^\circ$ 以下になるようにしている。

## 【 0 2 1 2 】

さらに、レジスト層 7 1 をマスクとして無機絶縁層 7 2 を、イオンミリングや R I E などのドライエッチング法を用いて削り、G d 決め絶縁層 6 1 を形成する（図 2 5）。無機絶縁層 7 2 のレジスト層 7 1 で覆われた部位の前端部は、レジスト層 7 1 の前端面と同じ角度で削れていく。従って、ドライエッチングによって形成された G d 決め絶縁層 6 1 の前端面 6 1 b と下部コア層 1 0 の上面 1 0 a とのなす角  $\theta 4$  も、 $45^{\circ}$  以上  $90^{\circ}$  以下になる。

## 【 0 2 1 3 】

G d 決め絶縁層 6 1 上のレジスト層 7 1 を剥離した後（図 2 6）、図 1 3 から図 1 8 に示した工程と同様の工程によって、下部磁極層 1 1、ギャップ層 1 2、上部磁極層 1 3、持ち上げ層 1 9、2 2、2 3、コイル層 1 7、及び上部コア層 1 5 を形成する。形成された磁気ヘッドは、図 8 に示された磁気ヘッドと同じものである。すなわち、G d 決め絶縁層 6 1 の記録媒体との対向面（A B S 面）側の前端面は傾斜面となっている。

## 【 0 2 1 4 】

ギャップ層 1 2 の G d 決め絶縁層 6 1 との突当り面の上端部 1 2 a 及び下端部 1 2 b を通る仮想平面 S 3 と、下部コア層 1 0 の上面 1 0 a とのなす角  $\theta 1$  と、下部磁極層 1 1 の G d 決め絶縁層 6 1 との突当り面の上端部 1 2 b 及び下端部 1 1 b を通る仮想平面 S 3 と、下部コア層 1 0 の上面 1 0 a とのなす角  $\theta 2$  は、ともに、図 2 6 に示された、G d 決め絶縁層 6 1 の前端面 6 1 b と下部コア層 1 0 の上面 1 0 a とのなす角  $\theta 4$  に等しい。従って、角  $\theta 1$  と角  $\theta 2$  は共に、 $45^{\circ}$  以上  $90^{\circ}$  以下の範囲になる。

## 【 0 2 1 5 】

G d 決め絶縁層 6 1 を無機材料を用いて形成すると、G d 決め絶縁層の加工を精確に行なうことができ、ギャップデプス及びギャップ層の膜厚の変動を抑えることができる。

## 【 0 2 1 6 】

なお、本発明の磁気ヘッドの製造方法では、G d 決め絶縁層 6 1 以外の形状の G d 決め絶縁層を形成してもかまわない。



## 【 0 2 1 7 】

また、図 2 4 に示される工程において、下部コア層 1 0 の上層に成膜される無機絶縁層 7 2 の代わりに、有機絶縁層を成膜してもよい。この有機絶縁層の上にレジスト層 7 1 を形成して、図 2 5 に示される工程と同様に、ドライエッチングによって、G d 決め絶縁層 6 1 を形成してもよい。有機絶縁層の材料としては、例えば、エポキシ系やノボラック系の樹脂等を用いることができる。

## 【 0 2 1 8 】

図 2 7 に示すように、G d 決め絶縁層 2 7 の前端面 2 7 a と下部コア層 1 0 の上面 1 0 a とのなす角  $\theta 5$  を  $80^\circ$  より大きくすると、図 5 に示されるような磁気ヘッドが形成される。

## 【 0 2 1 9 】

このとき、ギャップ層 1 2 の G d 決め絶縁層 2 7 との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、下部コア層 1 0 の上面 1 0 a とのなす角と、下部磁極層 1 1 の G d 決め絶縁層 2 7 との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、下部コア層 1 0 の上面 1 0 a とのなす角は、ともに、 $80^\circ$  より大きくなる。

## 【 0 2 2 0 】

G d 決め絶縁層 2 7 の前端面 2 7 a と下部コア層 1 0 の上面 1 0 a とのなす角  $\theta 5$  が  $80^\circ$  より大きくなると、G d 決めレジスト層 2 7 を覆うレジスト層 5 1 に、露光現像によって溝 5 1 a を形成するときに、溝 5 1 a 内に残存レジスト 5 1 e が残留することがある（図 2 8）。

## 【 0 2 2 1 】

溝 5 1 a 内に残存レジスト 5 1 e が残留したまま、下部磁極層 1 1、ギャップ層 1 2、および上部磁極層 1 3 を連続してメッキ形成すると、下部磁極層 1 1 やギャップ層 1 2、或いは上部磁極層 1 3 の均一な形成が妨げられ磁気ヘッドの実質的なトラック幅が変動し、磁気ヘッドのオーバーライト特性が低下する（図 2 9）。

## 【 0 2 2 2 】

従って、G d 決め絶縁層 2 7 の前端面 2 7 a と下部コア層 1 0 の上面 1 0 a とのなす角  $\theta 5$  を  $80^\circ$  以下で形成することが好ましい。ただし、角  $\theta 5$  を  $80^\circ$

より大きく形成してもかまわない。

【 0 2 2 3 】

【実施例】

メッキ形成されたNiPのP含有量と、NiPの飽和磁束密度との関係を調べた。結果を図30に示す。

【 0 2 2 4 】

メッキ形成後にNiPを加熱しないとき、NiPのP含有量が11質量%以上になると、NiPは非磁性状態になることがわかる。このとき、NiPは非晶質状態である。

【 0 2 2 5 】

さらに、メッキ形成後にNiPを200℃、240℃及び300℃の温度で加熱したときの、NiPのP含有量と、NiPの飽和磁束密度との関係を調べた。

【 0 2 2 6 】

非加熱状態で非磁性状態である非晶質のNiPを加熱すると、Pの含有量によっては、NiPが結晶質に変化して磁性を有するようになる。

【 0 2 2 7 】

図30から、NiPのP含有量が12.5質量%以上になると、NiPを200℃、240℃及び300℃のいずれの温度で加熱処理しても、NiPの非晶質状態は維持され、非磁性状態のままであることがわかる。

【 0 2 2 8 】

本発明の薄膜磁気ヘッドを、実際に製造するときには、製造中の薄膜磁気ヘッドを200℃以上の温度で熱処理する工程を有することがある。本実施例から、薄膜磁気ヘッドのギャップ層をNiPによって形成するときには、NiPのP含有量を12.5質量%以上とすると、ギャップ層形成後に、薄膜磁気ヘッドを200℃以上の温度で熱処理しても、ギャップ層を形成しているNiPの非磁性状態が維持されることがわかる。

【 0 2 2 9 】

また、製造中の薄膜磁気ヘッドを熱処理する工程を有しないときは、NiPのP含有量が11質量%以上であれば、ギャップ層を形成しているNiPは非磁性

状態になる。

【 0 2 3 0 】

なお、NiPをメッキ形成するとき、メッキ液中のP含有量を過剰にしても、形成されたNiP中のP含有量は14質量%を越えることはない。従って、本発明においてギャップ層をNiPで形成するとき、NiP中のP含有量の上限値は、14質量%である。

【 0 2 3 1 】

なお、NiP中のP含有量は、高周波誘導プラズマ（ICP）法によって測定された値である。

【 0 2 3 2 】

【発明の効果】

以上、詳細に説明した本発明によれば、前記下部コア層上には、記録媒体との対向面（ABS面）からハイト方向に所定距離離れた位置にギャップデプスを決めるGd決め絶縁層が設けられており、前記上部磁極層は、その後端部側を前記Gd決め絶縁層上まで延長させることができる。すなわち、前記上部コア層と前記上部磁極層の接合面の面積を広くすること及び上部磁極層の体積を増加させることができる。従って、前記上部コア層を流れてきた磁束が前記接合面で絞られることを抑えることができ、また、前記上部磁極層内部を磁束が流れやすくなるので、前記磁束が前記ギャップ層に到達する前に飽和してしまうことを防ぐことができる。

【 0 2 3 3 】

つまり、本発明では、洩れ磁束を確実にギャップ層から発生させることができ、記録周波数を高くした場合でも、正確な記録を行なうことができる。

【 0 2 3 4 】

なお、本発明では、前記上部磁極層の後端部側を、従来よりハイト方向に延長させるが、前記ギャップ層のハイト方向の後端は、前記Gd決め絶縁層の前端面により規制されるので、前記ギャップ層の面積を小さくしたままにできる。従って、前記ギャップ層における洩れ磁束が小さくなることはない。

【 0 2 3 5 】

また、本発明では前記ギャップ層を、メッキ形成可能な非磁性金属材料で形成することができ、前記下部磁極層、前記ギャップ層、及び前記上部磁極層を連続メッキによって順次形成できる。

## 【 0 2 3 6 】

また、本発明では、前記 G d 決め絶縁層が設けられている部分よりもハイト方向後方で、下部コア層に接触する磁性金属材料及び／又は非磁性金属材料からなる持ち上げ層が設けられ、前記持ち上げ層の上面は、前記 G d 決め絶縁層及び前記下部コア層を覆う絶縁層の表面と共に、前記上部磁極層と上部コア層との接合面（基準平面）と同一面上に形成され、前記持ち上げ層上に上部コア層の基端部が磁氣的に接続されている構成にすることができ、前記下部コア層と前記上部コア層を容易に磁氣的接続させることができる。

## 【 0 2 3 7 】

さらに、本発明では、前記絶縁層の下に設けられた取り出し電極層上に、磁性金属材料及び／又は非磁性金属材料からなる持ち上げ層が設けられ、前記持ち上げ層の上面は、前記絶縁層の表面と共に前記基準平面と同一面上で形成され、前記持ち上げ層上に前記コイル層の端部が電氣的に接続されている構成にすることができ、前記コイル層と取り出し電極層とを容易に接続させることができる。

## 【 0 2 3 8 】

また、本発明では、前記ギャップ層の前記 G d 決め絶縁層との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、前記下部コア層上面とのなす角を  $45^{\circ}$  以上  $90^{\circ}$  以下にすることによって、薄膜磁気ヘッドの書き込み特性の低下を防止できる。

## 【 0 2 3 9 】

さらに、前記下部磁極層の前記 G d 決め絶縁層との突当り面の上端部及び下端部を通る仮想平面と、前記下部コア層上面とのなす角を  $45^{\circ}$  以上  $90^{\circ}$  以下にすることによっても、薄膜磁気ヘッドの書き込み特性の低下を防止できる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図 1】

本発明における第 1 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分正面図、

【図 2】

図 1 に示す 2 - 2 線から切断した薄膜磁気ヘッドの部分断面図、

【図 3】

図 2 に示す薄膜磁気ヘッドの A B S 面周辺の部分断面図、

【図 4】

本発明の第 2 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの A B S 面周辺の部分断面図、

【図 5】

本発明の第 3 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの A B S 面周辺の部分断面図、

【図 6】

本発明の第 7 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの A B S 面周辺の部分断面図、

【図 7】

図 3 の薄膜磁気ヘッドの A B S 面周辺の拡大図、

【図 8】

本発明の第 4 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの A B S 面周辺の部分断面図、

【図 9】

本発明の第 5 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの縦断面図、

【図 1 0】

本発明の第 6 の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの縦断面図、

【図 1 1】

本発明の図 2 に示す薄膜磁気ヘッドの製造方法を示す一工程図、

【図 1 2】

図 1 1 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 1 3】

図 1 2 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 1 4】

図 1 3 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 1 5】

図 1 4 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 1 6】

図 1 5 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 1 7】

図 1 6 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 1 8】

図 1 7 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 1 9】

図 1 3 の工程図に示された製造工程にある薄膜磁気ヘッドの部分正面図、

【図 2 0】

本発明の図 9 に示す薄膜磁気ヘッドの製造方法を示す一工程図、

【図 2 1】

図 2 0 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 2 2】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法の他の実施の形態を示す一工程図、

【図 2 3】

図 2 2 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 2 4】

図 2 3 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 2 5】

図 2 4 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 2 6】

図 2 5 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 2 7】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法の一工程図、

【図 2 8】

図 2 7 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 2 9】

図 2 8 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 3 0】

N i P 中の P 含有量と N i P の飽和磁束密度との関係を示すグラフ、

【図 3 1】

従来における薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分正面図、

【図 3 2】

図 3 1 に示す 3 2 - 3 2 線から切断した薄膜磁気ヘッドの部分断面図、

【符号の説明】

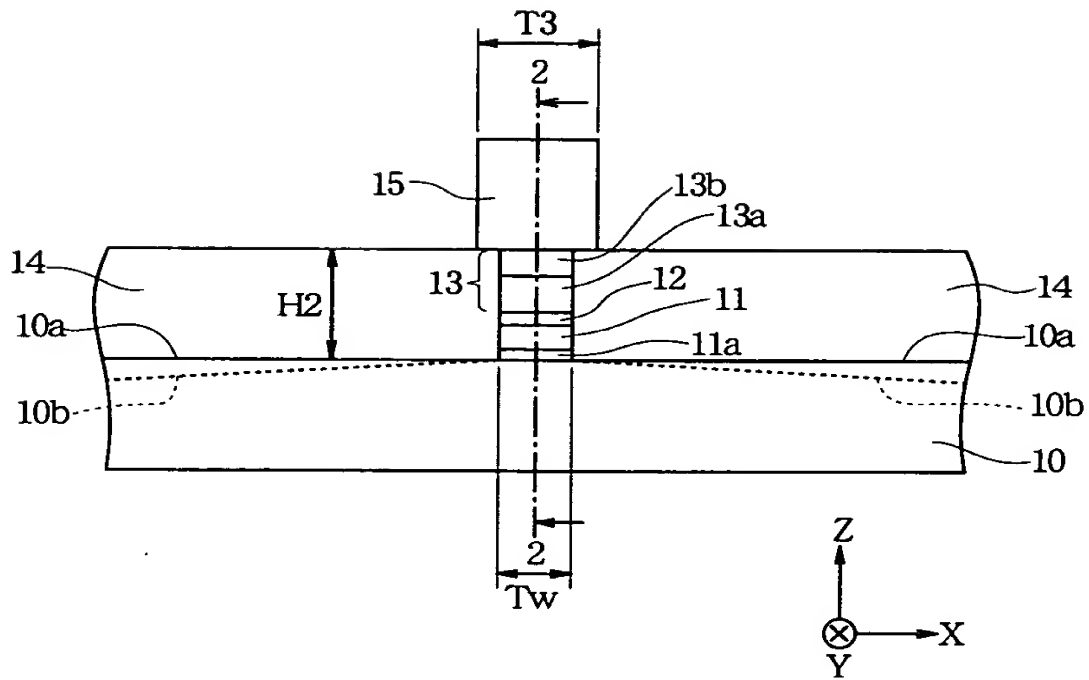
- 1 0 下部コア層
- 1 1 下部磁極層
- 1 2 ギャップ層
- 1 3 上部磁極層
- 1 3 a 第 1 上部磁極層
- 1 3 b 第 2 上部磁極層
- 1 4 下地絶縁層
- 1 5 上部コア層
- 1 6、2 6、2 7 G d 決め絶縁層
- 1 7 コイル層
- 1 8 コイル絶縁層
- 1 9、2 2、2 3 持ち上げ層
- 2 0 導電性材料層
- 2 1 導電性保護層
- 5 1 レジスト層

A 基準平面（上部磁極層 1 3 と上部コア層 1 5 との接合面）

【書類名】 図面

【図 1】

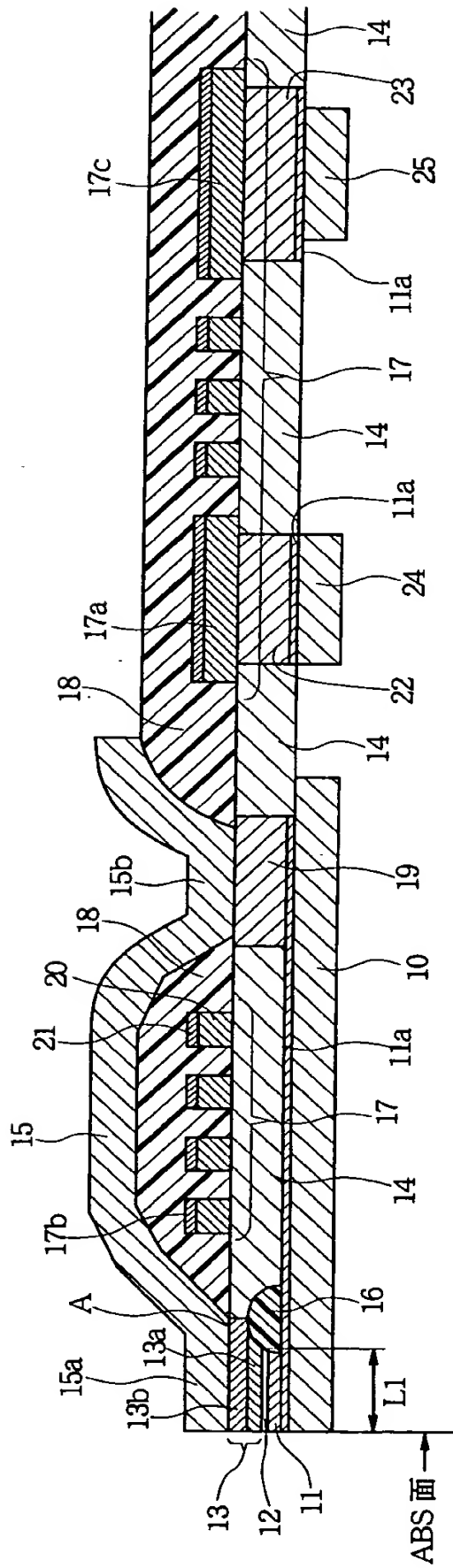
図 1



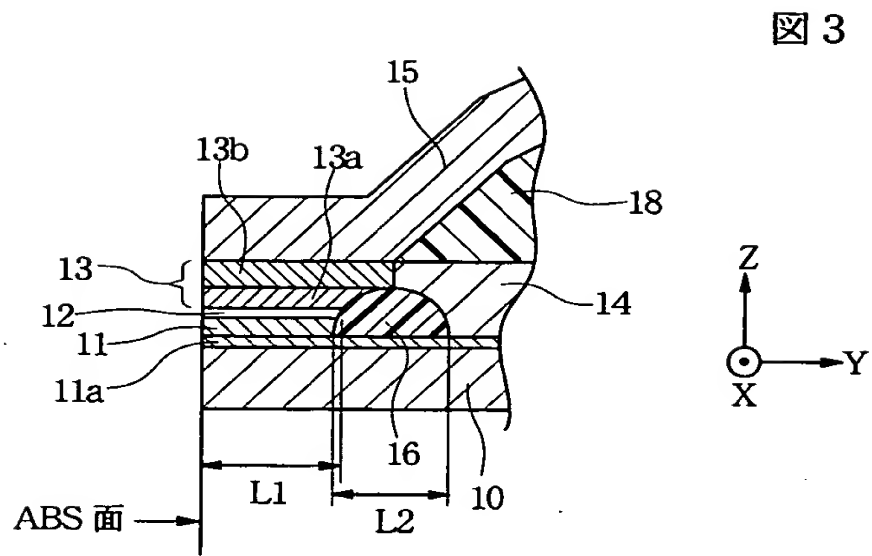
【図 2】



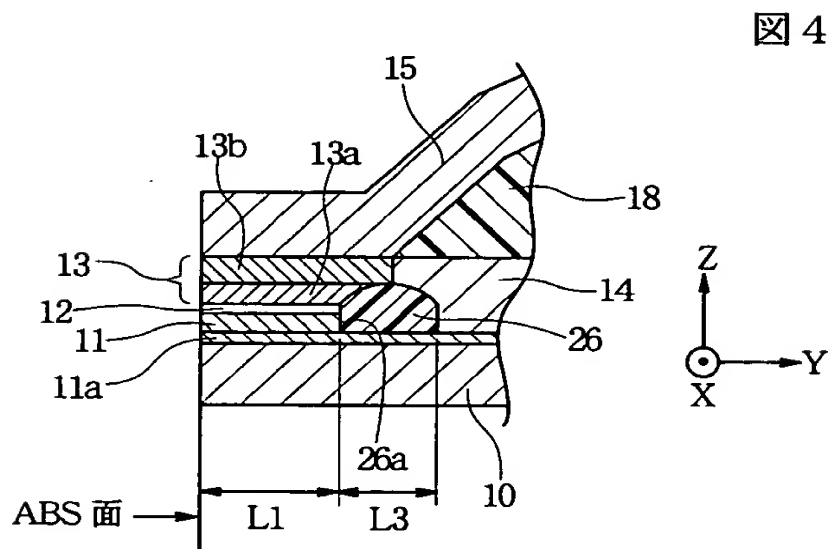
2  
X



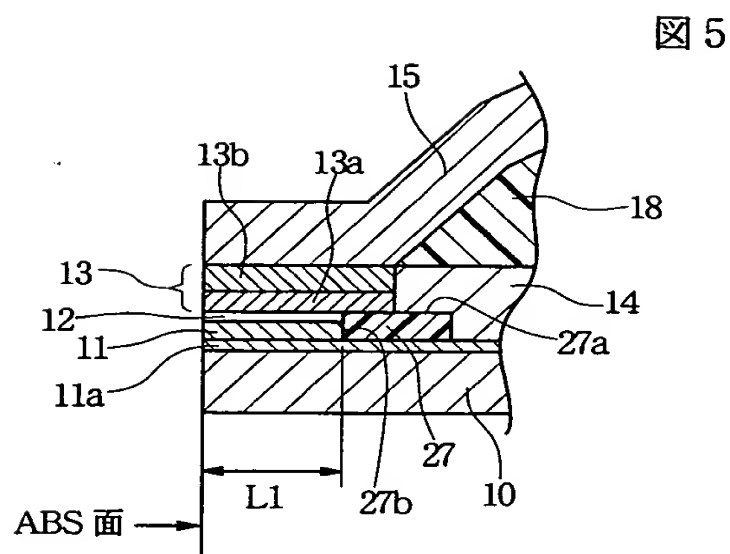
【図 3】



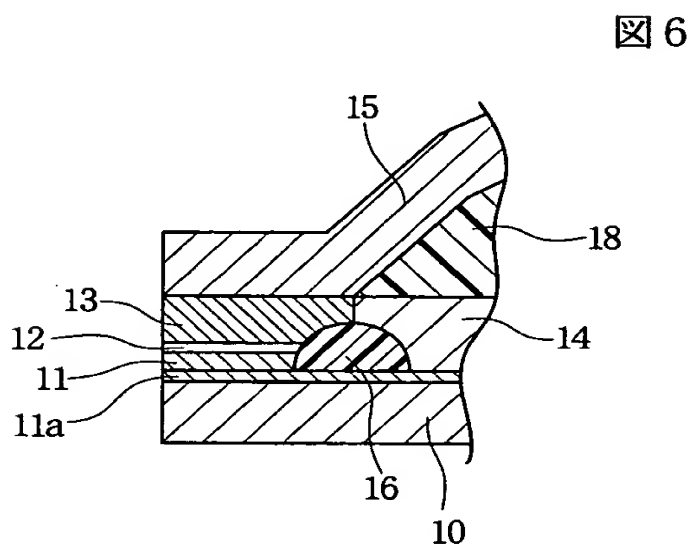
【図 4】



【図 5】

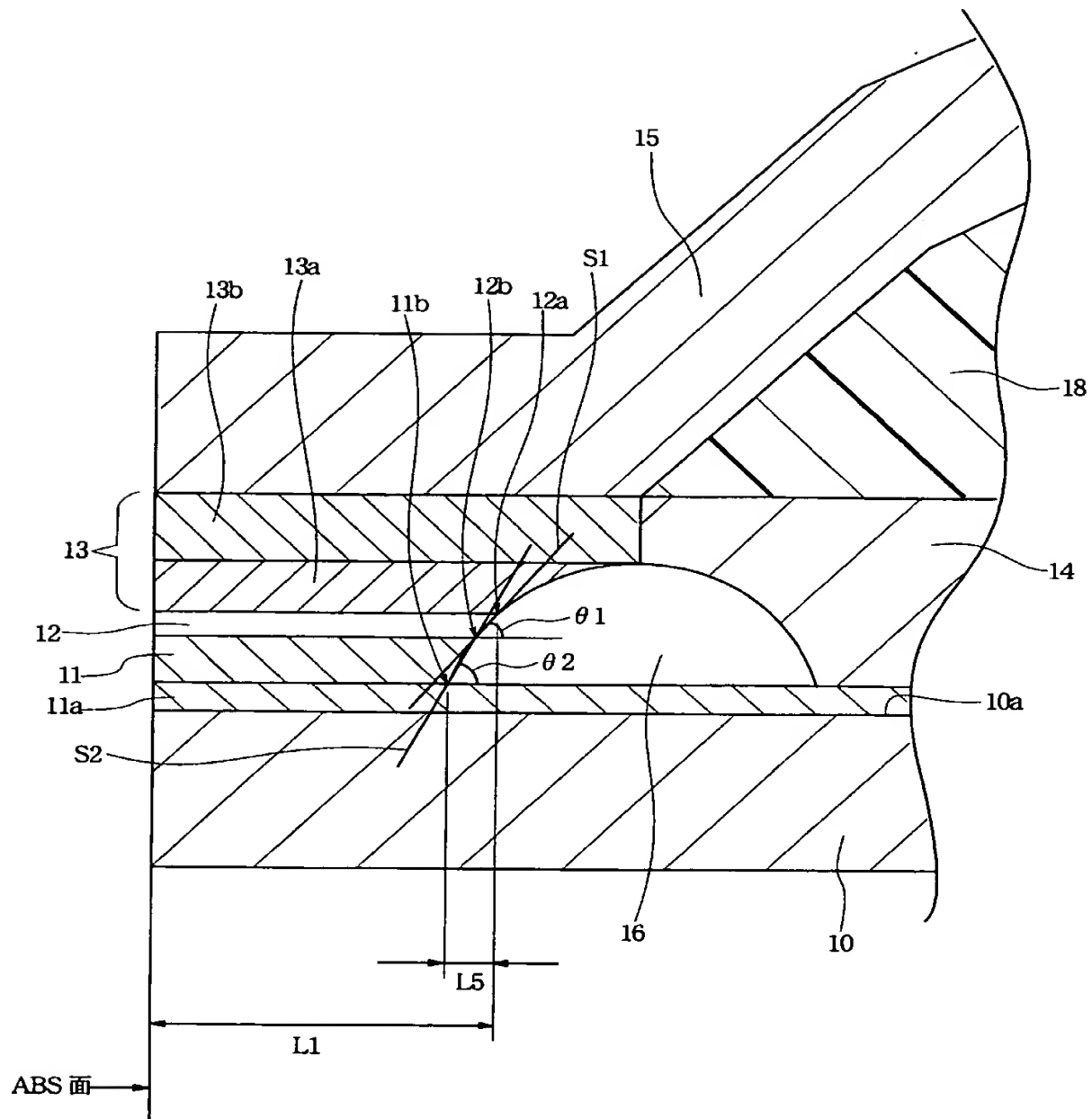


【図 6】

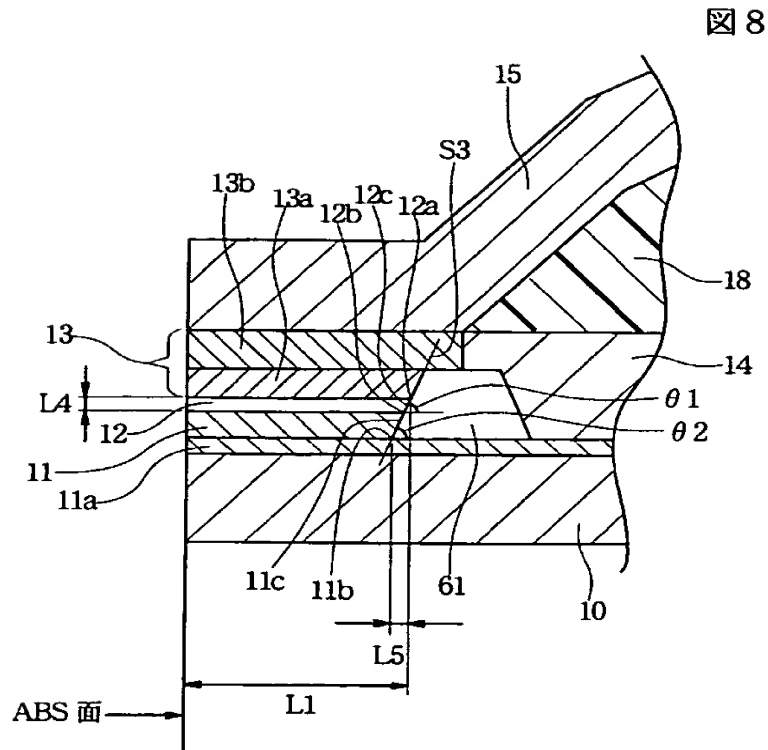


【図 7】

图 7

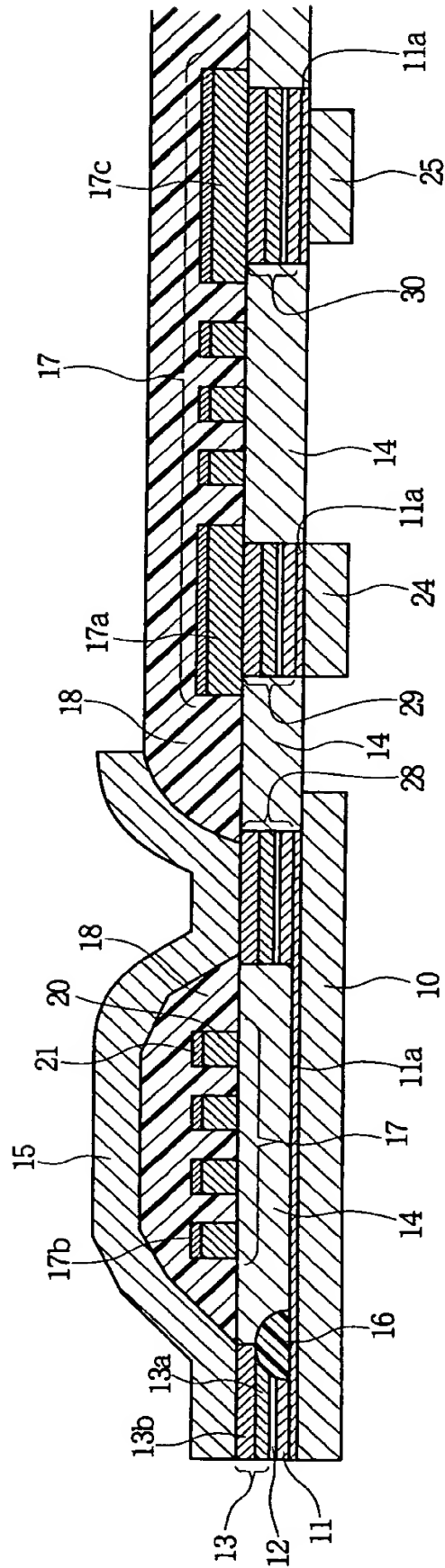


【図 8】



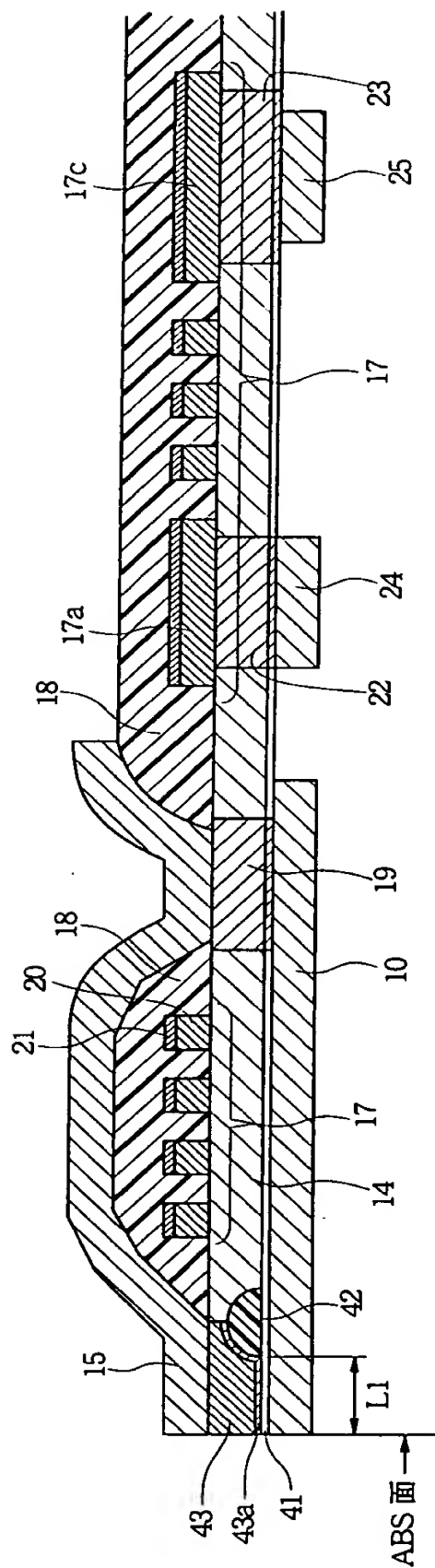
【図 9】

9  
[X]



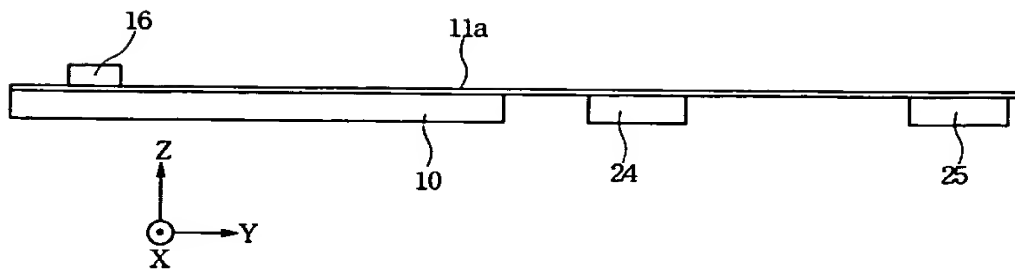
【図 1 0】

図 10



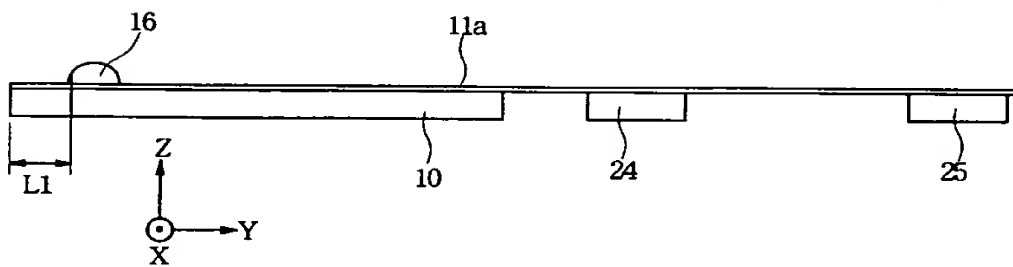
【図 1 1】

図 11



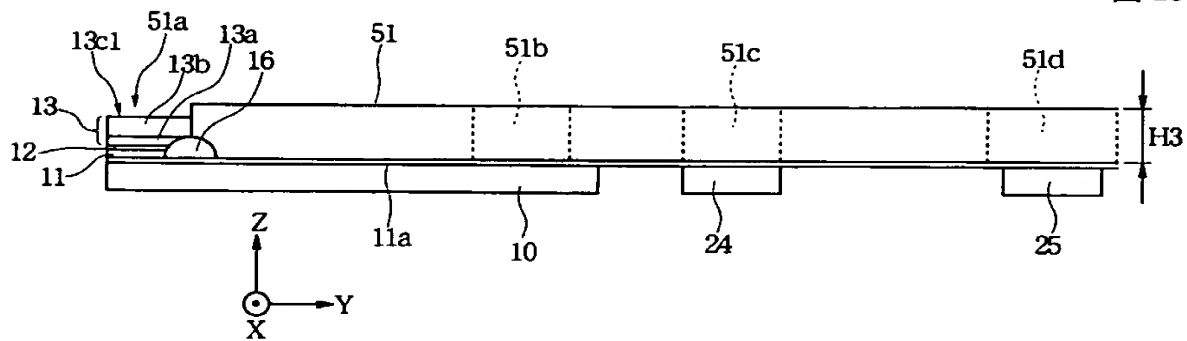
【図 1 2】

図 12



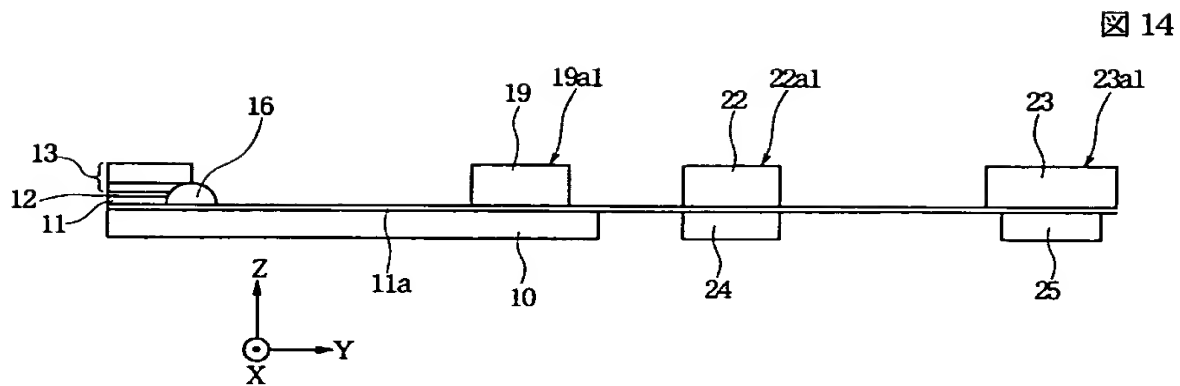
【図 1 3】

図 13

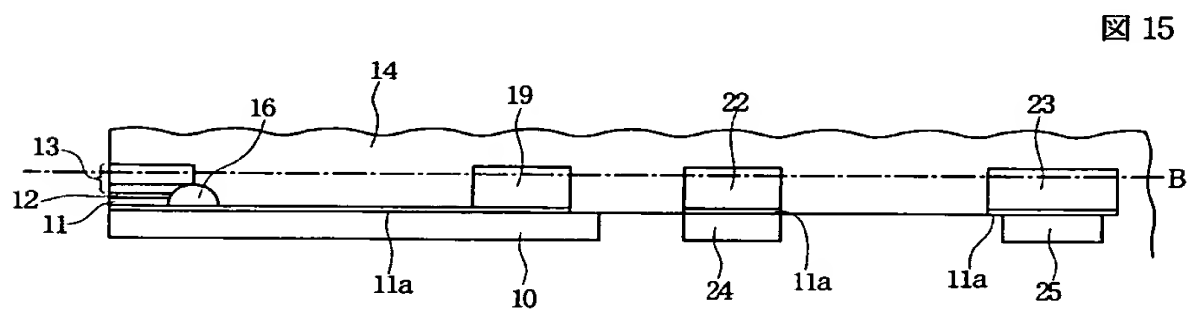




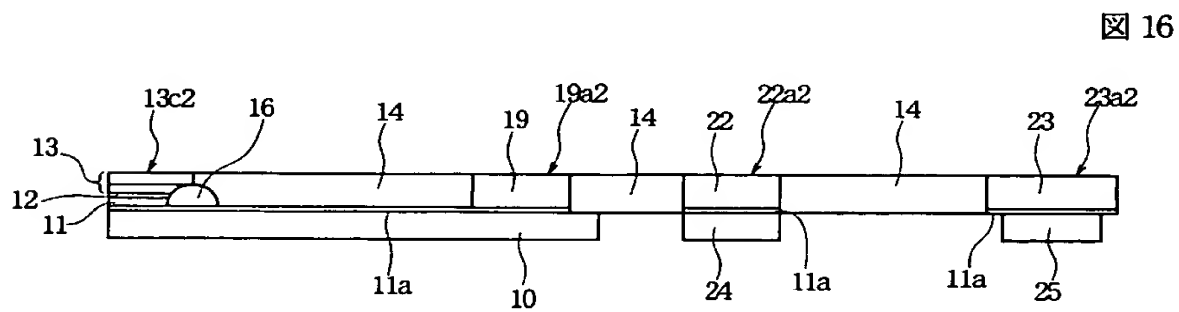
【図 1 4】



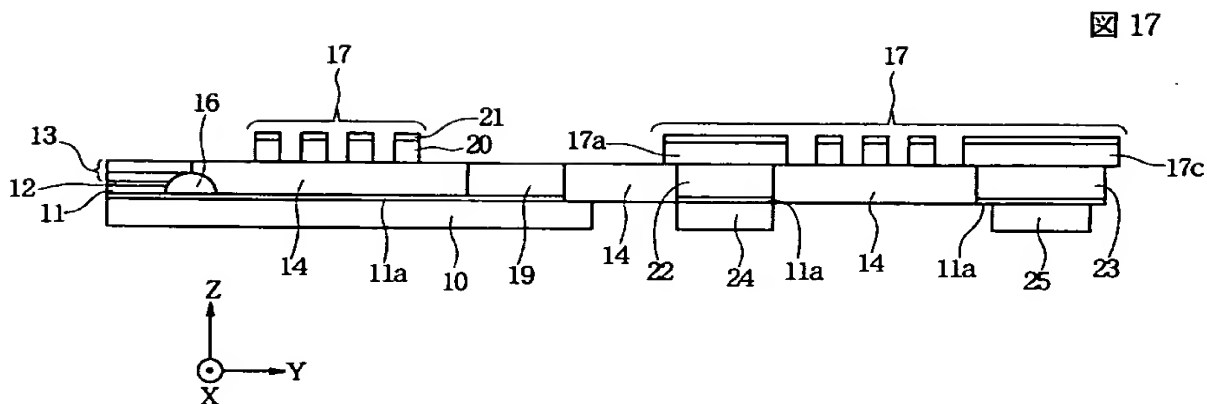
【図 1 5】



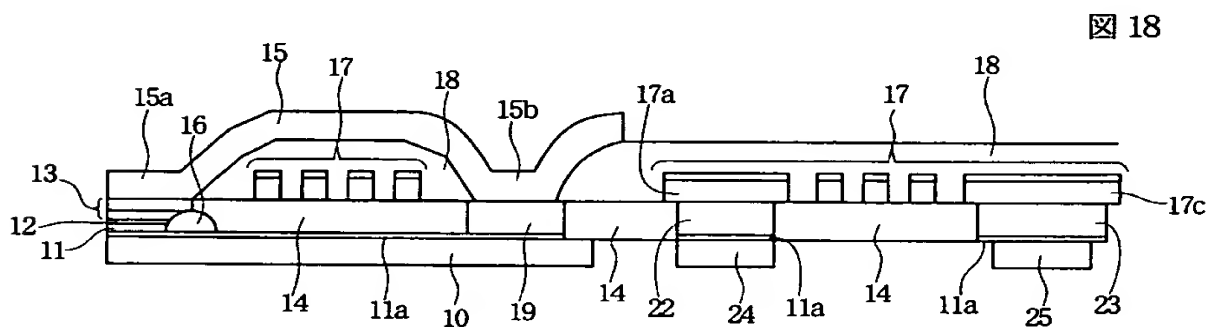
【図 1 6】



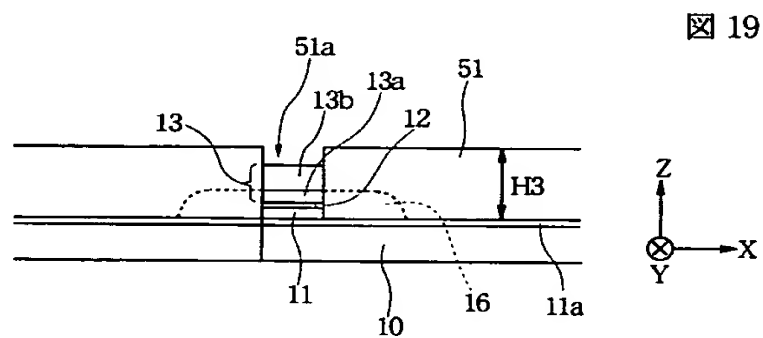
【図 17】



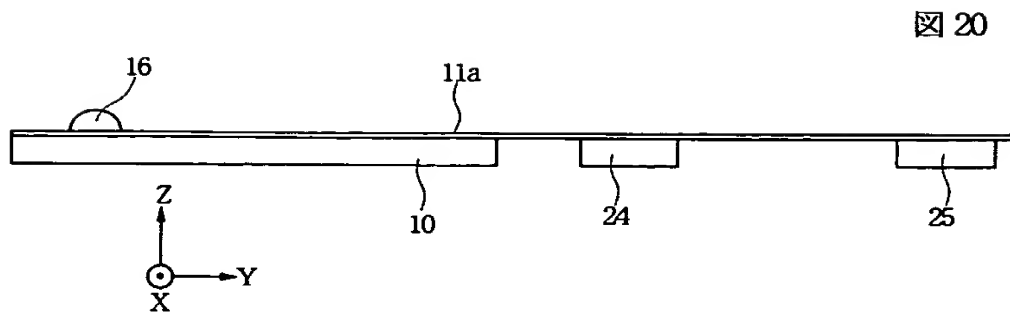
【図 18】



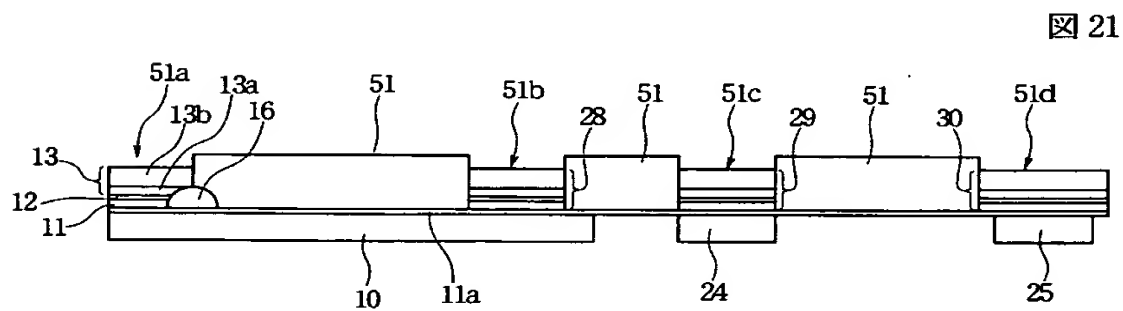
【図 19】



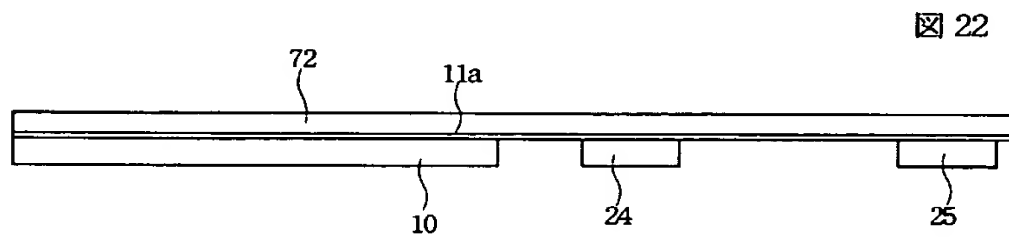
【図 2 0】



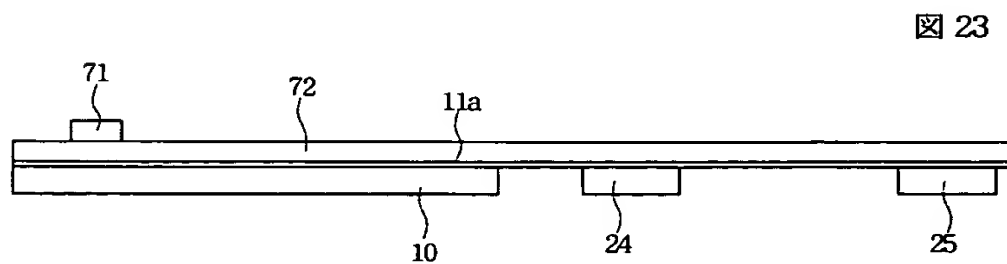
【図 2 1】



【図 2 2】

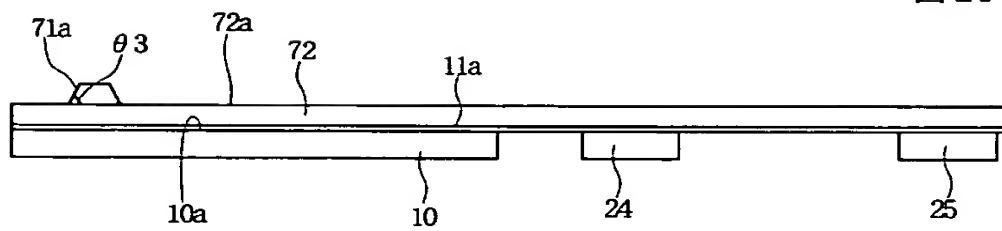


【図 2 3】



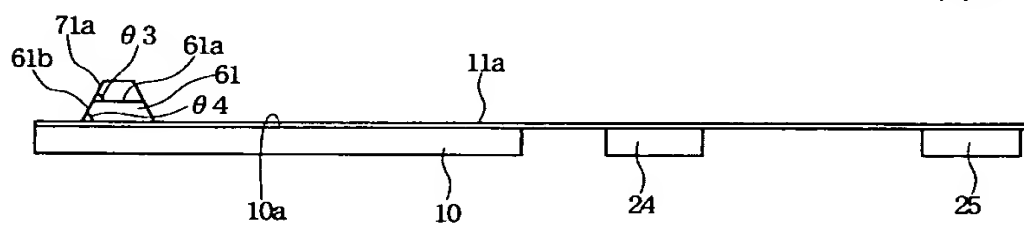
【図 2 4】

図 24



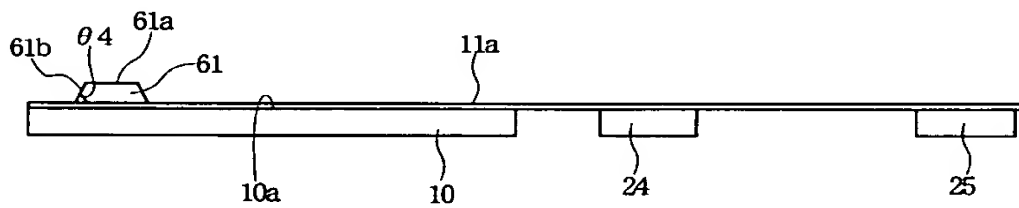
【図 2 5】

図 25



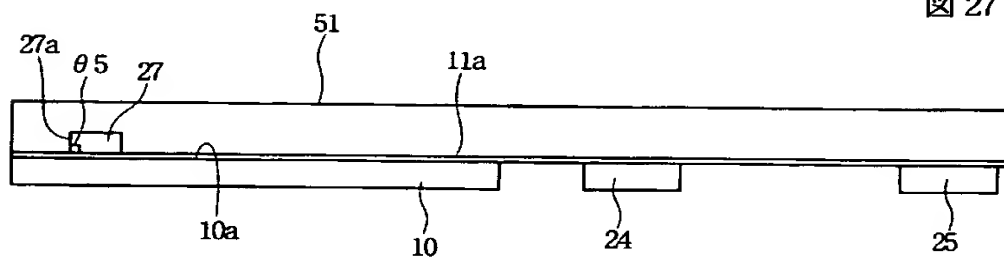
【図 2 6】

図 26

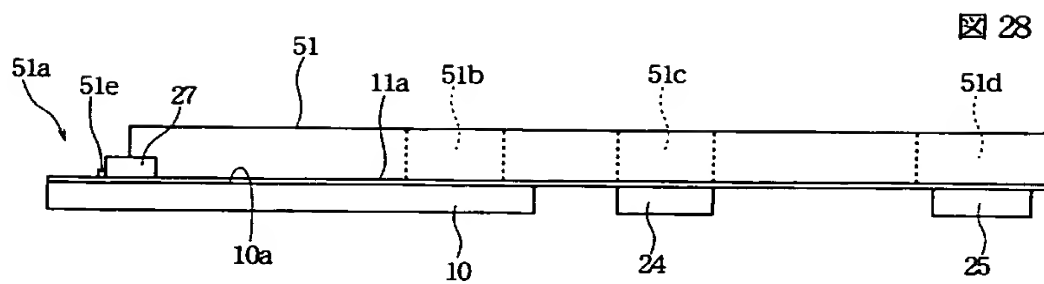


【図 2 7】

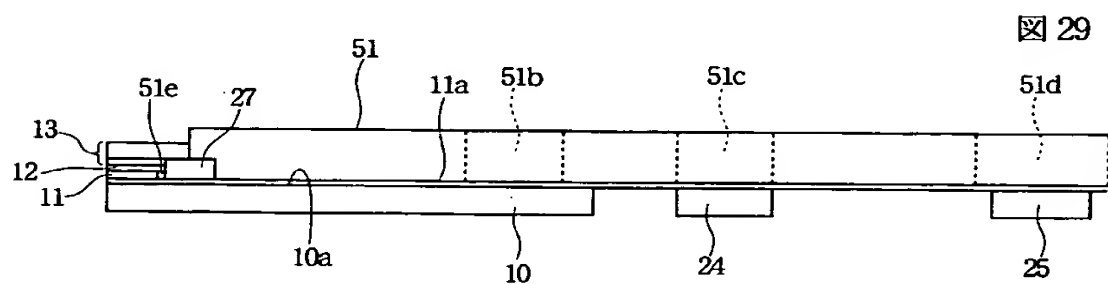
図 27



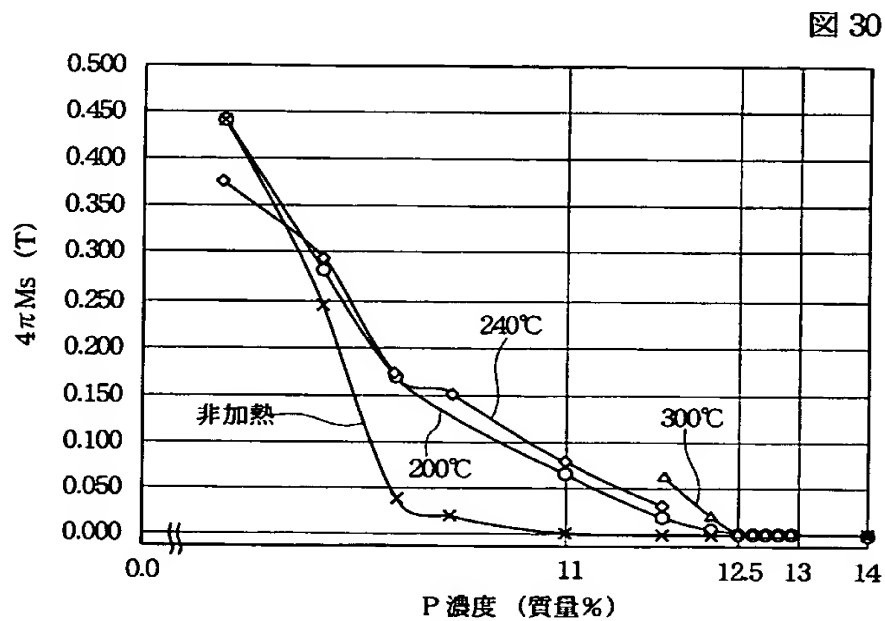
【図 2 8】



【図 2 9】

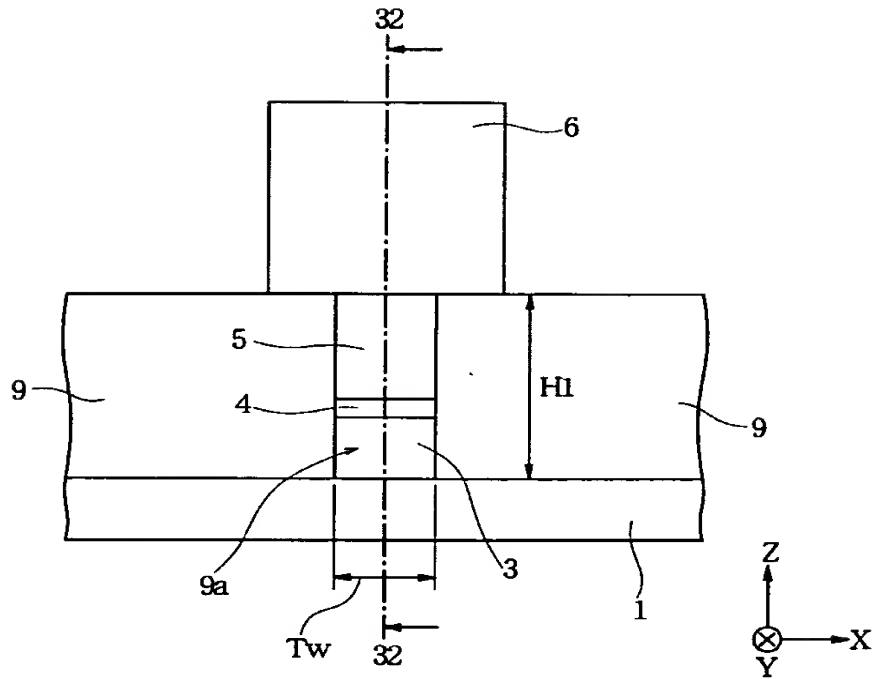


【図 3 0】



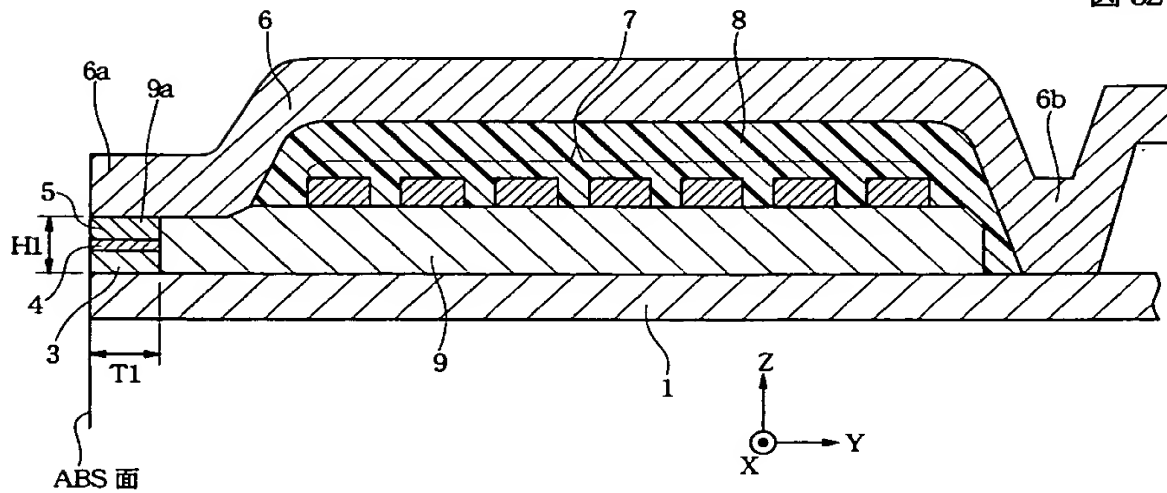
【図 3 1】

図 31



【図 3 2】

図 32



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来の薄膜磁気ヘッドでは、ギャップデプスを所定の長さに維持したまま上部磁極層の体積を増加させることが困難だった。

【解決手段】 下部コア層 1 0 の上に、G d 決め絶縁層 1 6 を積層する。G d 決め絶縁層 1 6 の前端面は、下部コア層 1 0 側から上方に向うに従って A B S 面からの距離が徐々に大きくなるように曲面が形成されている。上部磁極層 1 3 は、後端部を G d 決め絶縁層上に載せることができ、ギャップデプスを所定の長さに維持したまま上部磁極層 1 3 の体積を増加させることができる。

【選択図】 図 2

## 出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

〔000010098〕

1. 変更年月日

1990年 8月27日

〔変更理由〕

新規登録

住 所

東京都大田区雪谷大塚町1番7号

氏 名

アルプス電気株式会社